

В. М. БРОДКИН

ЭЛЕКТРО-ПРОИГРЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году

Выпуск 1018

В. М. БРОДКИН

ЭЛЕКТРО-
ПРОИГРЫВАЮЩИЕ
УСТРОЙСТВА

Второе издание,
переработанное и дополненное

МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.871
Б88
УДК 681.846

Бродкин В. М.

Б88 Электропроигрывающие устройства. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 128 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1013).
60 к.

В книге освещаются вопросы механической записи и воспроизведения звука, подробно рассматриваются конструкции механизмов электропроигрывающих устройств и бытовых автоматических проигрывателей. Приведено описание конструкций автоматических проигрывателей, блоков автоматизированного управления работой проигрывателя. Первое издание вышло в 1972 г. Во втором издании введено описание новых, более современных конструкций.

Книга рассчитана на радиолюбителей-конструкторов.

Б $\frac{30403\text{-}239}{051(01)\text{-}80}$ 251-80. 2402030000

ББК 32.871
6 Ф2.7

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Воспроизведение звука с грампластинки (далее, пластинки) — наиболее простой и доступный способ воспроизведения информации. При высоком совершенстве и массовости процесса производства пластинок, при высоких электроакустических параметрах современных электрофонов пластинка является серьезным конкурентом магнитофона.

Современные пластинки обеспечивают воспроизведение диапазона рабочих частот от 20 до 20 000 Гц с неравномерностью ±1,5 дБ (в диапазоне 50÷12 500 Гц) при коэффициенте гармоник не более 1,5%, отношении сигнал/шум не менее 53 дБ и коэффициенте детонации 0,04%. Длительность звучания одной стороны пластинки диаметром 300 мм — около 25 мин. С применением автоматических проигрывающих устройств оно увеличивается в 5—10 раз. Надо учесть, что конструкция автоматических проигрывателей проще конструкции магнитофонов аналогичного класса.

В последние годы получили широкое распространение системы стереофонического звуковоспроизведения и квадрафонии. Эти системы предъявили повышенные требования к электропроигрывающим устройствам (ЭПУ). Взамен традиционно механических узлов внедряют электронные: различные системы автостопов, микролифтов, переключатели частоты вращения двигателя ЭПУ и системы с прямым приводом диска, полностью исключающие из ЭПУ механические передачи. Аппаратура воспроизведения грамзаписи непрерывно совершенствуется.

Вопросам конструирования электропроигрывающих устройств и посвящена эта книга.

С момента выхода в свет первого издания книги на мировом и отечественном рынках бытовых электропроигрывателей появилась качественно новая аппаратура. С некоторыми тенденциями развития современных ЭПУ, с конструктивными решениями электропроигрывателей автор знакомит читателя.

Учитывая пожелания читателей, во втором издании книги приведено значительно больше практических конструкций узлов ЭПУ, даны описания и чертежи электродвигателя с прямым приводом, универсального тонарма для высококачественного ЭПУ, электрон-

ных и термоэлектрических микролифтов, автоматических ЭПУ на базе промышленных панелей II класса. Описаны наиболее распространенные электродвигатели для аппаратуры звуковоспроизведения, автомат-манипулятор для смены пластинок, рассчитанный на работу с любым электропроигрывателем. Расширен материал, посвященный вопросам амортизации узлов ЭПУ. Новым в книге явился раздел о регулировке ЭПУ, в котором кратко описана методика измерения механических характеристик устройства: детонации, прижимной и скатывающей сил и т. д.

Вместе с тем из второго издания книги исключены схемы простейших УНЧ для электрофонов, так как в настоящее время описано большое количество усилителей разной сложности и читатель сможет ознакомиться с ними в специальной литературе.

Отзывы и замечания по книге просим направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия», Массовая радиобиблиотека.

Автор

ПАРАМЕТРЫ ГРАМПЛАСТИНОК И ЭПУ

ГРАМЗАПИСЬ И ГРАМПЛАСТИНКА

В настоящее время при производстве пластинок первичную запись производят на магнитофон. Затем полученную фонограмму, тщательно корректируют и после соответствующего контроля переписывают на лаковый диск. Запись звука осуществляют путем вырезания на диске канавки с помощью специального резца, укрепленного в рекордере. Резец колеблется в соответствии с подводимым к рекордеру электрическим сигналом. При этом сам рекордер движется от края диска к центру, а диск вращается по часовой стрелке. Таким образом, в процессе записи резец рекордера вырезает на диске спиральную канавку. При подаче на рекордер сигнала звуковой частоты форма канавки принимает волнообразный характер (рис. 1, *а*).

Если запись занимает по радиусу пластинки участок длиной l, см, а пластинка совершает n об/мин, то длительность записи выразится, мин:

$$\tau = \frac{l\rho}{n}, \qquad (1)$$

где ρ — плотность записи (число канавок на 1 см радиуса пластинки).

Как видно из формулы (1), для увеличения времени записи можно увеличить габарит пластинки или повысить плотность записи. Изменение габарита пластинки требует увеличения расхода материала, усложнения процесса производства, увеличения размеров воспроизводящих устройств.

Повышение плотности записи связано с минимально допустимым расстоянием между осями симметрии смежных канавок записи, называемым шагом записи (рис. 1, *б*). Шаг записи зависит от амплитуды сигнала. В процессе записи он автоматически устанавливается таким, чтобы исключить перерезание соседних канавок.

В зависимости от вида записи пластинки разделяют на монофонические и стереофонические.

Уровень записи на пластинках определяют колебательной скоростью, равной произведению амплитуды записи на круговую частоту. Отношение максимальной колебательной скорости записи к минимальной характеризует динамический диапазон записи. Минимальная колебательная скорость должна превышать паразитные колебания иглы звукоснимателя, вызванные зернистой структурой звуковой канавки пластинки, вибрацией воспроизводящего устройства и другими причинами. Максимальная колебательная скорость записи ограничена параметрами головки звукоснимателя.

Одним из реальных путей расширения динамического диапазона является снижение уровня поверхностного шума благодаря применению для изготовления пластинок мелкозернистых материалов, совершенствованию методов их производства и улучшению звуковоспроизводящих устройств. В настоящее время наиболее распространенным материалом для прессования пластинок служит винилит. Винилитовые пластинки обладают меньшими шумами, что позволяет увеличить динамический диапазон записи.

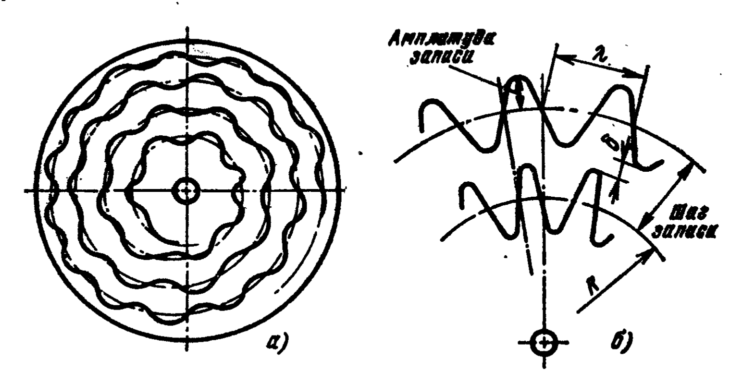


Рис. 1. След резца рекордера на лаковом диске при записи сигнала одной частоты (*а*) и размеры звуковой канавки (*б*).

Чем ближе звуковая канавка к центру пластинки, тем меньше ее линейная скорость. Это значит, что с приближением к центру пластинки увеличивается кривизна канавки (рис. 1, б). В самом деле, длина волны записи на каждой звуковой канавке выражается следующим образом:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{\pi D n}{60 f}, \qquad (2)$$

где n — частота вращения, об/мин; v — линейная скорость канавки, см/с; D — диаметр канавки, см; f — частота записанного сигнала, Гц. С уменьшением радиуса канавки, т. е. с приближением к центру пластинки, длина волны будет уменьшаться, и при увеличении частоты записываемого сигнала канавка становится круче и как бы сжимается.

Возрастание крутизны канавки выше некоторого предела затрудняет движение иглы по ней и является одним из источников искажений при воспроизведении. Поэтому конечный диаметр звуковой канавки, на котором ее крутизна значительно больше, чем на начальном диаметре, приходится ограничивать, исходя из условия допустимых нелинейных искажений при воспроизведении.

Совершенствование технологии записи и звуковоспроизводящей аппаратуры позволило решить проблему стереофонической и квадрофонической записи.

При монофонической системе передачи звуковая информация передается по одному каналу и воспроизводится одним громкогово-

рителем (рис. 2, *а*). При этом слушатель лишен возможности определять расположение источников звука и воспринимает звук, исходящий из одной точки.

В стереофонической системе раздельные сигналы левого *L* и правого *R* каналов передаются по двум линиям и воспроизводятся двумя громкоговорителями (рис. 2, *б*). При стереофонической системе звукопередачи слушатель воспринимает развернутую по фронту зву-

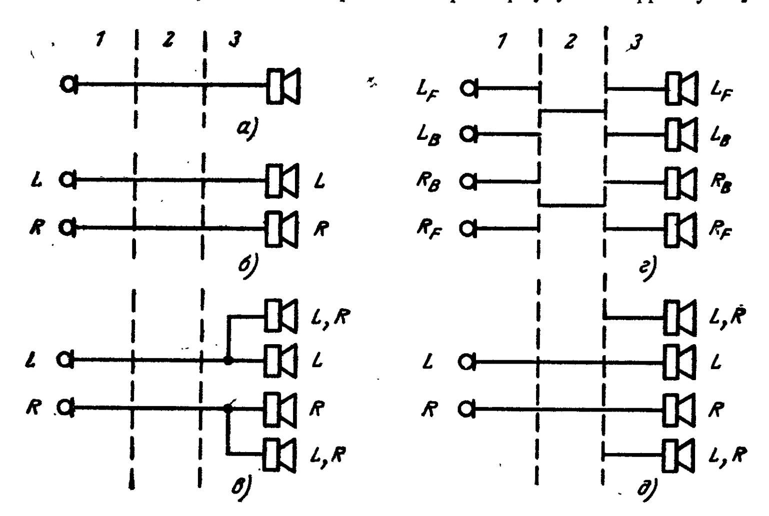


Рис. 2. Системы передачи звуковой информации.

1 — вход системы; *2* — участок передачи или преобразования сигналов; *3* — звуковоспроизводящие устройства.

ковую картину и имеет возможность определить расположение источников звука.

Акустическую обстановку, наиболее близкую к той, в которой находились исполнители, позволяют воспроизвести квадрафоническая система (рис. 2, *г*), а также имитирующие ее псевдоквадрафонический (рис. 2, *в*) и квазиквадрафонический (рис. 2, *д*) способы.

В квадрафонической системе (рис. 2, *г*) четыре микрофона воспринимают левый передний L_F, левый задний L_B, правый передний R_F и правый задний R_B сигналы. Эти сигналы преобразуются специальными электронными устройствами и передаются (или записываются) по двум каналам. На выходе двухканальной линии имеется декодирующее устройство, восстанавливающие первичные сигналы L_F, L_B, R_F, R_B, которые воспроизводятся четырьмя громкоговорителями. В настоящее время квадрафоническая система обеспечивает наибольшую верность звукопередачи.

Системы записи — воспроизведения монофонического сигнала достаточно просты. Системы записи — воспроизведения квадрафонического сигнала сложные и дорогостоящие.

При монофонической (одноканальной) записи на рекордер поступает сигнал от одного приемника звука. Этот сигнал заставляет

резец рекордера совершать поперечные колебания, поэтому на пластинке получается канавка с поперечной записью (рис. 3).

Стереофоническая запись осуществляется с помощью двух разделенных приемников, сигналы с которых поступают на специальный рекордер по двум идентичным каналам. Рекордер, применяемый при записи стереофонического сигнала, состоит из двух колебательных систем, расположенных под углом 90° друг к другу. Соответственно этому колебание резца рекордера под их действием происходит в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Как видно из рис. 4, колебания направлены под углом 45° к плоскости носителя записи. Так как угол раскрытия звуковой канавки равен 90° и, следовательно, каждая стенка ее наклонена к плоскости носителя под углом 45°, то при записи сигнал каждого канала модулирует противоположные стенки канавки. Такой способ стереофонической записи получил международное признание. Его обозначение — 45/45.

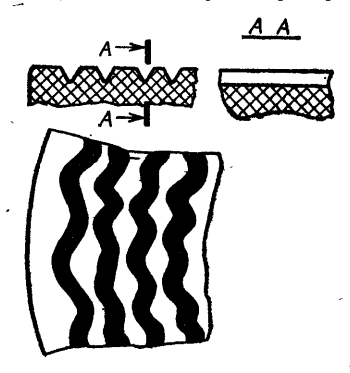


Рис. 3. Вид канавки при поперечной записи.

В процессе записи стереосигнала резец рекордера совершает сложное колебательное движение, представляющее собой векторную сумму двух взаимно перпендикулярных колебаний, в результате чего образуется звуковая канавка с глубинно поперечной записью. Стереофонический звукосниматель воспроизводит эту запись в виде двух самостоятельных сигналов, которые через раздельные усилительные каналы поступают на две разнесенные акустические системы.

Запись квадрафонического сигнала после его преобразования в двухканальный (см. рис. 2, *г*) осуществляют при помощи стереофо-

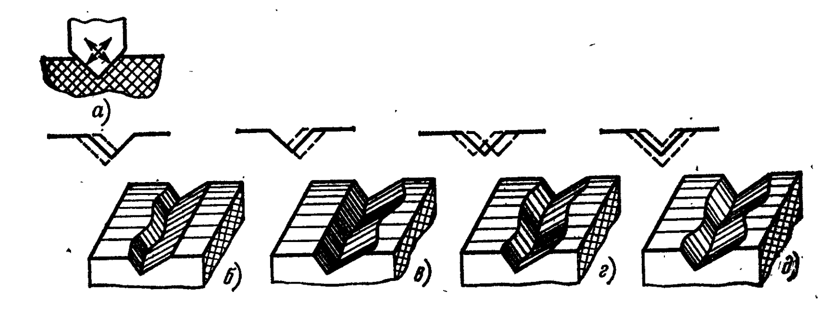


Рис. 4. Виды канавок при стереозаписи.

а — положение резца в канавке; *б* — сигнал только в левом канале; *в* — сигнал только в правом канале; *г* — синфазные сигналы двух каналов (поперечная запись); *д* — противофазные сигналы в двух каналах (глубинная запись).

нического рекордера. Квадрафоническую запись по способу *SQ* производят в диапазоне частот 20—20 000 Гц. По способу *CD*-4 записывают в диапазоне частот 20—45 000 Гц. Воспроизведение с пластинки сигнала частотой до 45 кГц требует применения особой формы иглы звукоснимателя. Его подвижная система должна обладать повышенной гибкостью, а сам звукосниматель и тонарм должны отвечать ряду специальных требований, усложняющих и значительно

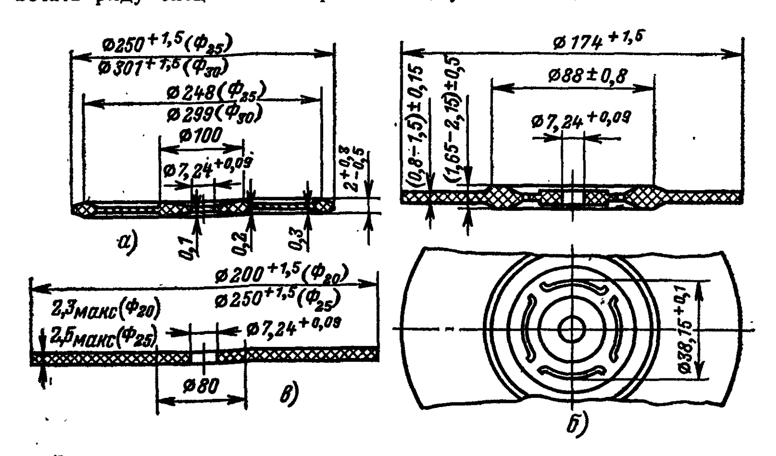


Рис. 5. Размеры и форма пластинок различных форматов.

а — пластинки формата $Ф_{25}$ и $Ф_{30}$; *б* — пластинки формата $Ф_{17}$; *в* — пластинки для частоты вращения 78 об/мин.

удорожающих конструкции квадрафонических электропроигрывателей.

Геометрические размеры современных пластинок стандартизированы (ГОСТ 5289-73), что позволяет использовать их на любых

Таблица 1

Тип грампластинки	Частота вращения, об/мин	Формат: обозначение	Формат: наружный диаметр, мм	Диаметр начальной немой канавки зоны записи, мм	Диаметр конечной немой канавки зоны записи, мм	Диаметр заключительной замкнутой канавки, мм
Стереофоническая или монофоническая с узкой канавкой	$33^1/_3$	$Ф_{17}$ $Ф_{25}$ $Ф_{30}$	174 250 301	168 242 292	106 120 120	98 107 107
	45,11	$Ф_{17}$	174	168	106	98

электропроигрывающих устройствах. В табл. 1 приведены примеры пластинок и основные диаметры записи. Форма пластинок и ряд размеров, не вошедших в табл. 1, показаны на рис. 5.

Стандарт устанавливает нормы не только на геометрические размеры пластинки, но также на эксцентриситет центрового отверстия пластинки относительно центра записи не более 0,2 мм и размер коробления пластинок диаметром 250 и 300 мм не более 2 мм, диаметром 175 не более 1,5 мм.

Современные пластинки имеют утолщенные центральное поле этикетки и борт, что предохраняет поле записи от царапин при наложении пластинок друг на друга в процессе воспроизведения на автоматических проигрывателях. Пластинки, предназначенные для воспроизведения при частоте 45 об/мин, имеют вырубки для центрального отверстия диаметром 38,15 мм (рис. 5, *б*). Такое отверстие позволяет проигрывать пластинки на простых автоматах со шпинделем диаметром 38 мм.

ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Комплекс устройств, включающий в себя движущий механизм вращения пластинки и звукосниматель, принято называть электропроигрывающим устройством (ЭПУ). От качества ЭПУ во многом зависит качество воспроизведения грамзаписи.

Всякое ЭПУ состоит из двигателя, движущего механизма с изменяемой редукцией (для вращения пластинки с различной частотой: $16^2/_3$; $33^1/_3$, 45, 78 об/мин)[1], массивного диска звукоснимателя с тонармом. Все механизмы ЭПУ монтируют на общей панели. Для уменьшения помех от вибрации двигателя и вращающихся деталей, а также для уменьшения акустической обратиой связи панель ЭПУ и отдельные узлы амортизируют. Кроме перечисленных выше устройств, ЭПУ имеют ряд вспомогательных механизмов: автостоп (устройство, останавливающее двигатель по окончании воспроизведения записи с пластинки), микролифт (механизм для плавного опускания и подъема звукоснимателя) и т. д.

Отечественная промышленность выпускает ЭПУ четырех классов, отличающихся друг от друга качественными показателями и наличием тех или иных эксплуатационных удобств. Согласно ГОСТ 18631-73 высшего и I классов выпускают только стереофонические ЭПУ. ЭПУ II класса могут быть как стереофоническими, так и монофоническими. III класса выпускают только монофонические ЭПУ. Особо жесткие требования предъявляют к устройствам высшего класса (табл. 2).

Кроме перечисленных выше параметров и конструктивных требований звукосниматели и электрический тракт современных ЭПУ должны удовлетворять нормам ГОСТ в зависимости от класса исполнения.

Так, частотная характеристика ЭПУ высшего класса должна иметь диапазон не уже 20—20 000 Гц, I класса — не уже 31,5—

---

[1] В настоящее время не выпускаются пластинки с частотой вращения 78 об/мин. Не предполагается в ближайшее время и выпуск пластинок на частоту вращения $16^2/_3$ об/мин. Поэтому в любительские ЭПУ нецелесообразно вводить эти частоты вращения диска. Перспективными частотами вращения являются $33^1/_3$ и 45,11 об/мин.

Таблица 2

Параметры и устройства	Класс ЭПУ			
	Высший	I	II	III
Тип звукоснимателя	стерео	стерео	стерео или моно	моно
Частоты вращения грампластинок, об/мин	33 1/3 и 45,11 16 2/3 и 78; 92			(О) (Н)
Вид питания	От сети переменного тока			От сети переменного тока или автономных источников постоянного тока
Подстройка частоты вращения 33 об/мин со встроенной визуальной индикацией	О	О	Н	Н
Автостоп	О	О	О	О*
Микролифт	О	О	О	О*
Механизм возврата звукоснимателя в исходное положение	Н	О	Н	Н
Компенсатор скатывающей силы	О	О	Н	Н
Статическая балансировка звукоснимателя относительно вертикальной оси	О	О	О**	Н
Регулировка прижимной силы звукоснимателя, доступная потребителю	О	О	Н	Н
Замыкание электрических выводов звукоснимателя в нерабочем положении иглы или отклонение усилителя	О	О	О	О

Примечание. Н — наличие необязательно; О — обязательно.

* Для ЭПУ с питанием от автономных источников постоянного тока необязательно.

** Для пьезоэлектрических звукоснимателей обязательно.

16 000 Гц, II класса — не уже 50—12 500 Гц и III класса — не уже 50—10 000 Гц. Разбаланс стереоканалов по чувствительности и рассогласование стереоканалов в диапазоне частот 315—5000 Гц для высшего класса должны быть не более 2 дБ и не более 3 дБ для ЭПУ II класса. В дальнейшем будет приведен еще ряд норм на электропроигрыватели, установленные ГОСТ 18631-73.

В отличие от обычных ЭПУ, бытовые автоматические проигрыватели содержат ряд механизмов, предназначенных для смены пластинок. Это ЭПУ, оснащенные механизмом для автоматической смены пластинок. Как правило, современные бытовые автоматические проигрыватели предназначены для последовательного воспроизведения комплекта пластинок только с одной стороны (без переворачивания пластинки).

Цикл работы автоматического ЭПУ состоит из следующих фаз: после окончания воспроизведения записи с очередной пластинки звукосниматель поднимается вверх и перемещается в крайнее правое положение, производится сброс на диск ЭПУ очередной пластинки, игла звукоснимателя устанавливается над вводной канавкой пластинки, после опускания звукоснимателя на вводную канавку производится расстыковка автоматического механизма от звукоснимателя, по окончании всех предыдущих операций автоматический механизм возвращается в состояние готовности для повторения цикла смены очередной пластинки. При этом предполагается, что в исходном состоянии пластинки, подлежащие проигрыванию, расположены над диском ЭПУ на упорах шпинделя. По мере проигрывания пластинки опускаются на диск ЭПУ одна на другую.

Автоматические проигрыватели имеют также различные вспомогательные механизмы для полуавтоматической или ручной установки звукоснимателя на пластинку, для стабилизации положения пластинок над диском ЭПУ и др.

ДВИЖУЩИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭПУ

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Всякое ЭПУ характеризуется прежде всего отклонением от номинальной частоты вращения диска и коэффициентом детонации. Эти параметры зависят от двигателя ЭПУ, механизма движущего и конструктивного выполнения диска ЭПУ и переключателя частоты. Немаловажную роль играет качество изготовления деталей, входящих в перечисленные узлы.

Вращение диска ЭПУ осуществляется с помощью электродвигателя. В большинстве случаев для вращения диска используют маломощные асинхронные однофазные электродвигатели переменного тока. Большое применение имеют электродвигатели конденсаторного типа. Синхронные двигатели переменного тока используются в ЭПУ сравнительно редко. В ЭПУ с питанием от автономных источников применяют коллекторные двигатели постоянного тока. Для стабилизации их частоты вращения служат электронные устройства. Все большее распространение в настоящее время получают сверхтихоходные электродвигатели для прямого привода диска, управляемые электронными системами.

Электрические двигатели разных типов обладают различными электромеханическими характеристиками. Двигатели с так называемой мягкой характеристикой, у которых с увеличением нагрузки рез-

ко падают обороты ротора, не годятся для использования в ЭПУ. Наиболее приемлемыми для этих целей следует считать двигатели, обладающие абсолютно жесткой или жесткой характеристикой. Такие двигатели способны поддерживать постоянство оборотов при изменении нагрузки на вал до определенного значения. Жесткой характеристикой обладают асинхронные электродвигатели, ротор которых выполнен в виде беличьей клетки с малым омическим сопротивлением (с короткозамкнутым ротором). Широко применяют в ЭПУ асинхронные конденсаторные двигатели, также обладающие жесткой механической характеристикой.

Мощность электродвигателя для ЭПУ может быть незначительной. В этом легко убедиться при помощи несложного расчета. При работе ЭПУ между иглой и звуковой канавкой возникает сила трения

$$T_н = \frac{kG}{2 \sin \frac{\gamma}{2}}, \qquad (3)$$

где k — коэффициент трения между иглой и пластинкой; G — прижимная сила звукоснимателя; γ — угол раскрытия звуковой канавки. Приняв $k=0{,}3$, $G=0{,}08$ Н и $\gamma=90°$ получим силу трения $T_н \approx \approx 0{,}017$ Н.

Зная начальный диаметр вводной канавки D пластинки наибольшего формата ($Ф_{30}$), находим момент, создаваемый иглой звукоснимателя при проигрывании пластинки:

$$M_п = T_н \frac{D}{2}, \qquad (4)$$

где D — диаметр вводной канавки пластинки наибольшего формата. Подставив $D=0{,}03$ м, получим $M_п=2{,}55 \cdot 10^{-3}$ Н·м.

Мощность двигателя определим из формулы $P_э=0{,}1028\ M_п n_п$, где $n_п$ — число оборотов диска ЭПУ.

При $n_п=78$ об/мин и без учета к. п. д. механизма передачи мощность двигателя при воспроизведении пластинки формата $Ф_{30}$ составит 0,02 Вт.

Если учесть, что в расчет не вошли потери в механизме передачи и ряд других величин, нужно принять действительную мощность электродвигателя несколько больше найденного значения. Практика конструирования ЭПУ показывает, что для обычного ЭПУ мощность двигателя должна составлять при номинальной нагрузке не более 0,3 Вт. Электродвигатели, применяемые в ЭПУ автоматических устройств, обладают мощностью до 1—3 Вт.

Отечественная промышленность выпускает ряд двигателей переменного и постоянного тока, предназначенных для использования в ЭПУ. В первую очередь следует отметить наиболее доступные радиолюбителям двигатели серии ЭДГ. Они разработаны специально для применения в звуковоспроизводящей аппаратуре. Широко распространены электродвигатели типов КД-3,5; КД-6-4; АД-5 и некоторые другие. Внешний вид электродвигателей, которые могут быть применены в ЭПУ, показан на рис. 6. Габариты и установочные размеры этих двигателей приведены в табл. 3, а их технические характеристики — в табл. 4.

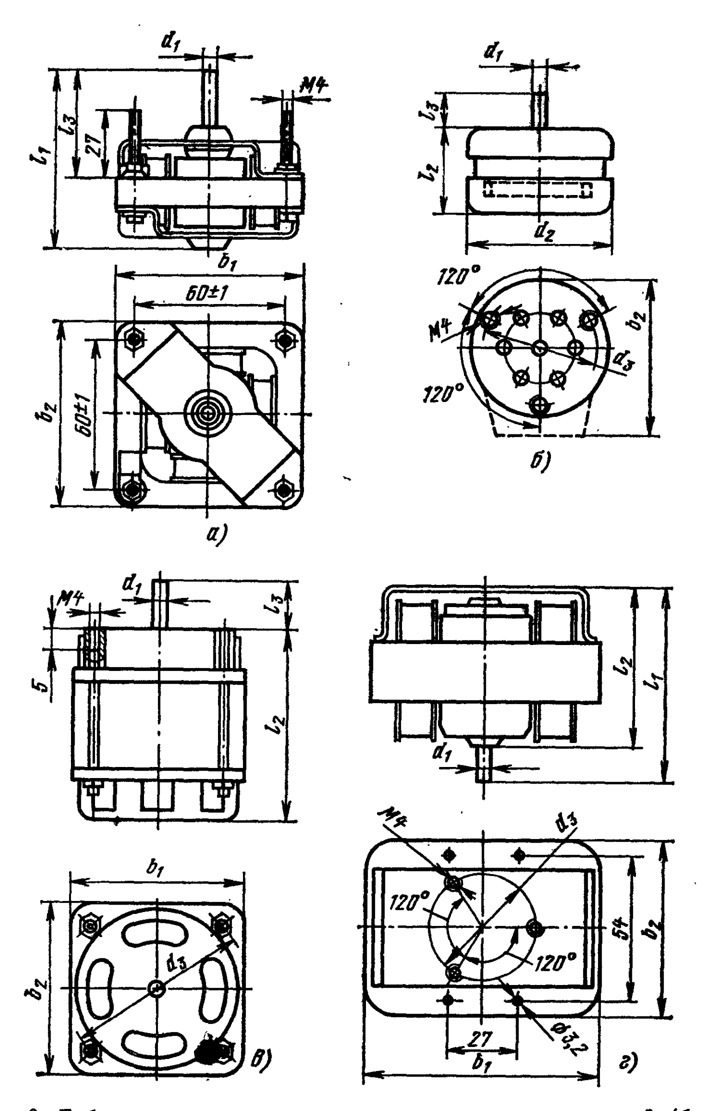


Рис. 6. Габариты и установочные размеры электродвигателей (буквенные размеры см. табл. 3).

а — ЭДГ-1М ЭДГ-2; б — КД-6-4, АД-5, СД-6; в — КД-3,5, КД-3,5А; г — АДТ 1,6/10-2, АДТ-6.

Таблица 3

Двигатель	Размеры, мм								Масса, кг
	b_1	b_2	l_1	l_2	l_3	d_1	d_2	d_3	
ЭДГ-1М	74	74	77,5*	—	—	4,5	—	—	0,85
ЭДГ-2	74	74	72,6*	—	38,2*	4,5	—	—	0,8
КД-6-4	—	100*	—	57*	27*	5	89*	77	1,1
АД-5	—	—	—	77,5	22,5	6,5	87*	44	1,3
СД-6	—	—	—	76,1*	27*	5	90*	44	1,1
КД-3,5 (КД-3,5А)	65	65	—	77	21	5	—	—	1
АДТ 1,6/10-2	88	66	70	56	—	5	—	—	1
АДТ-6	100	80	100	78	—	5	—	—	1,7

* Максимальный размер.

Таблица 4

Тип двигателя	Номинальные данные					Момент на валу, Н·см			Потребляемая мощность, Вт	К. п. д., %
	напряжение, В	мощность на валу, Вт	частота вращения, об/мин	емкость конденсатора, мкФ	сопротивление добавочного резистора, Ом	номинальный	пусковой	максимальный		
ЭДГ-1М	220	—	2800*	1,0	510	—	1,2	—	35	—
ЭДГ-4	127	—	2800*	0,5	—	—	0,45	—	10	—
ЭДГ-6	127	—	2750±100	1,2	—	—	0,35	—	12	—
ЭДГ-60	127	—	1400	—	—	—	—	—	12	—
ЭДГ-2	110	—	2800	3,0	—	—	0,8	—	20,5	—
ЭДГ-2К	220	—	2800	1,0	—	—	0,8	—	20,5	—
АКД4-2	220	4	2680	1,0	—	1,22	—	—	—	18
АД-5	127	6	1400	2,0	500	4,2	3,5	11	35	22
КД-3,5А	127	6	1400	2,0	270	4,2	2,5	7,5	—	25
(КД-3,5)		6								
КД-6-4	220		1400	0,5	510	4,2	2,95	7,5	—	22
СД-6	127 и 220	6	3000	2,5	—	1,95	1,2	6	—	48
АДТ 1,6/10-2	127 и 220	1,6	2710+110	—	—	0,61	0,51	1,25	—	18
АДТ-6	127 и 220	6	2830	—	—	2,08	—	3,75	—	40

* На холостом ходу.

При изготовлении ЭПУ I класса для обеспечения высокой стабильности вращения диска можно воспользоваться двигателями серий КД и АД, применяемыми в магнитофонах. Но в большинстве случаев для обычных ЭПУ и автоматических проигрывателей вполне достаточно двигателя серии ЭДГ.

Специально для ЭПУ с автономными источниками питания выпускается коллекторный двигатель постоянного тока с центробежным вибрационным регулятором оборотов ДРВ-0,1. Однако для таких

Таблица 5

Тип электродвигателя	Напряжение питания, В	Мощность на валу, Вт	Частота вращения, об/мин	Пусковой момент, г/см	Потребляемая мощность, Вт	Масса, кг	Диаметр вала, мм	Диаметр корпуса, мм	Длина корпуса, мм	Схема включения (см. рис. 7)
4ДКС-8	12—16	0,8	$2000_{\pm 30}$	39	1,75	0,27	2,0	40	65	*в*
ДРВ-0,1	6—9	—	$2000_{\pm 30}$	45	—	—	3,0	40	54	*г*

ЭПУ можно использовать более мощные двигатели постоянного тока, разработанные для звуковоспроизводящей аппаратуры, стабилизированные двигатели 4ДКС-8 и им аналогичные этой же серии. Технические характеристики этих двигателей приведены в табл. 5, а внешний вид, размеры и схемы включения показаны на рис. 7.

Все электродвигатели постоянного тока являются источниками сильных электрических помех из-за искрения в коллекторе и вибрационном центробежном регуляторе оборотов. Поэтому для уменьшения проникновения этих помех по цепям питания усилителей применяют специальные устройства (рис. 7, *в*, *г*).

В последние годы в аппаратуре звукозаписи все шире используют электродвигатели, для питания которых применяют низкочастотные генераторы. Схемы включения таких электродвигателей весьма разнообразны, как и их конструкция. В ЭПУ высшего класса ряд фирм[1] применяют многополюсные (восемь или шестнадцать полюсов) электродвигатели с тахогенераторами. Датчик тахогенератора располагается на роторе электродвигателя. Сигнал с тахогенератора после усиления и соответствующей обработки вводится в схему генератора или коммутатора силовых обмоток электродвигателя. Этот сигнал пропорционален частоте вращения ротора и изменяется с изменением оборотов электродвигателя. Введенный по цепям обратной связи сигнал корректирует работу электронного коммутатора, управляющего работой электродвигателя.

Электродвигатели с электронным управлением имеют две-три частоты вращения. Частота вращения меняется при изменении параметров электронной схемы, управляющей работой электродвигателя. Таким образом, отпадает необходимость в механическом переключателе частоты вращения диска, являющемся дополнительным источником детонации.

В качестве примера может служить бесконтактный электродвигатель постоянного тока БДС-0,2 с электронным коммутатором. Его технические характеристики приведены в табл. 6. Электронная часть двигателя БДС-0,2 состоит из трех основных функциональных элементов (рис. 8): трех электронных ключей на транзисторах T_1—T_3 (по числу секций силовой обмотки статора); стабилизатора частоты вращения, представляющего собой усилитель постоянного тока на транзисторах T_1, T_5; генератора питания датчика положения ротора, выполненного по двухтактной схеме на транзисторах T_6, T_7. Этот

[1] Matsushita (Япония); Dual (ФРГ).

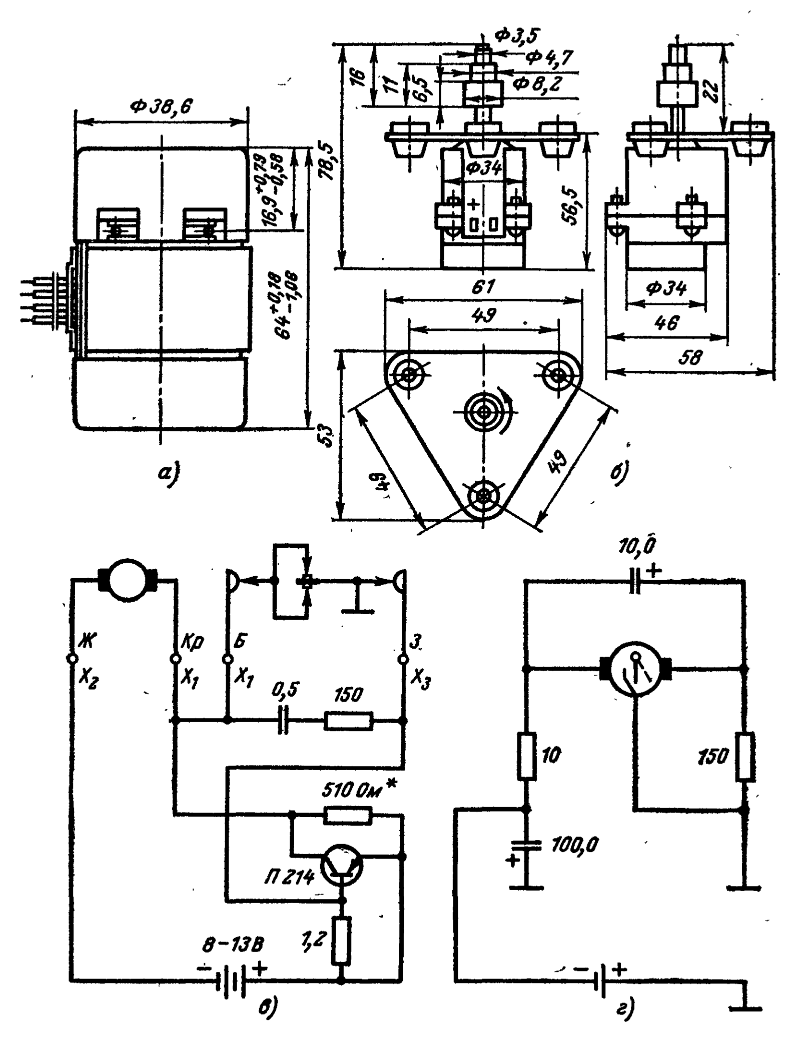


Рис. 7. Габаритные чертежи и схемы включения коллекторных двигателей ДКС и ДРВ-0,1.

а — двигатель 4ДКС-8; *б* — двигатель ДРВ-01; *в* — схема включения двигателя 4ДКС-8; *г* — схема включения двигателя ДРВ-0,1.

Таблица 6

Напряжение питания, В	Момент нагрузки, мН·м	Номинальная частота вращения, об/мин	Ток холостого хода, мА	Ток при нагрузке на валу 0,6 мН·м, мА, не более
5,1—9,3	0,4—0,7	3000 1500	70	150

двигатель специально разработан и широко применяется в бытовой аппаратуре звуковоспроизведения. Он подробно описан в [1].

Применение в ЭПУ высокооборотных электродвигателей нежелательно. Практика показывает, что электродвигатель является источником вибрации с частотой

$$f = n/60, \quad (5)$$

где n — частота вращения ротора двигателя. Вибрацию можно значительно уменьшить путем тщательной балансировки ротора. У конденсаторных асинхронных двигателей из-за неправильного выбора фазосдвигающих элементов (конденсатора и резистора в цепи питания обмоток статора) может возникнуть вибрация с частотой 100 Гц.

В ЭПУ высшего класса быстроходные электродвигатели не применяют. Снижение частоты вращения электродвигателя ЭПУ позволяет упростить кинематическую схему движущего механизма и одновременно с этим уменьшить помехи от вибрации как самого двигателя, так и элементов передаточного механизма.

На рис. 9 показана схема электронного управления широко распространенным электродвигателем КД-3,5. Это мощный операционный усилитель, охваченный цепями положительной и отрицательной обратных связей [2]. Электродвигатель подключается к генератору, имеющему на выходе эффективное напряжение 30 В+0,5%, через автотрансформатор Tp_1. При нажатии кнопки $Кн_1$ силовой трансформатор Tp_2 включается в сеть, срабатывают реле P_1—P_3. Контакты этих реле коммутируют частотно-задающую цепь, состоящую из резистора R_1, подстроечных резисторов R_2 и R_6 и конденсаторов C_1 и C_2, позволяющую получить на выходе генератора частоту 20 Гц+ +0,5%. Этой частоте соответствует частота вращения ротора электродвигателя КД-3,5 617,7 об/мин. При нажатии кнопки $Кн_2$ параллельно резисторам R_1, R_2 и R_6 подключаются резисторы R_1, R_7 и частота генератора становится равной 27 Гц±0,5%, что соответствует частоте вращения электродвигателя 837,75 об/мин.

Если на вал электродвигателя КД-3,5 одеть насадку с диаметром 6,2 мм, а приводной диаметр диска ЭПУ сделать равным 115 мм, то при частоте генератора 20 Гц диск ЭПУ будет вращаться с частотой 33 $^1/_3$ об/мин. При частоте генератора 27 Гц частота вращения диска будет 45,11 об/мин.

Специально для ЭПУ высшего класса наша промышленность выпускает низкооборотный конденсаторный синхронный двигатель гистерезисного типа ТСК-1 (рис. 10). Двигатель имеет 16 полюсов и ферромагнитный ротор, обеспечивающий частоту вращения 125—375 об/мин при питании его соответственно частотой 18—50 Гц. Малая масса ротора (30 г) и относительно небольшая частота вращения позволяют получить уровень помех от вибрации в пределах — 60 дБ

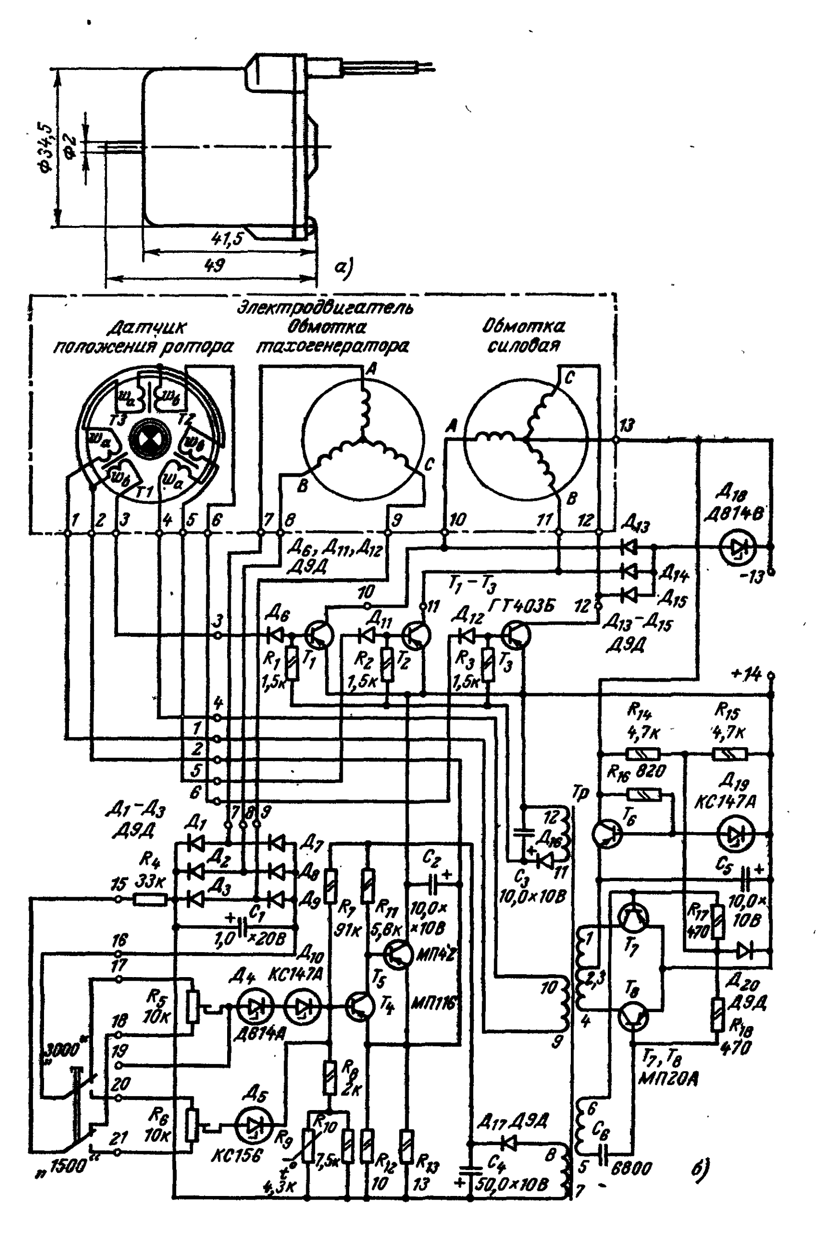


Рис. 8. Бесконтактный электродвигатель постоянного тока БДС-0,2 (*а*) и схема его питания (*б*).

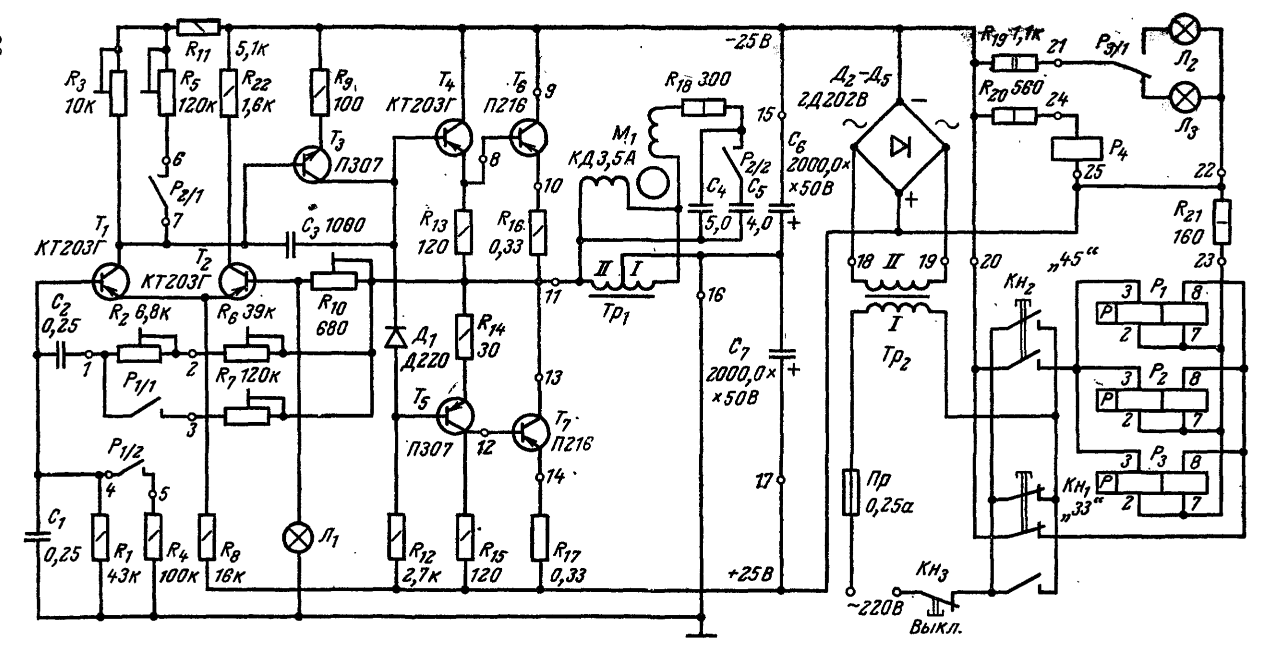


Рис. 9: Принципиальная схема генераторов для питания электродвигателя КД-3,5 по М. Пыжикову. Поляризованные реле могут быть заменены обычными переключателями П2К, совмещенными с $Кн_1$ и $Кн_2$. Реле $Р_4$ типа РЭС-9, лампы $Л_1$—$Л_3$ типа НСМ 9-60 (9 В, 60 мА), $Тр_1$ на магнитопроводе ШЛ 16×32 (обмотка I — 320 витков провода ПЭВ-2 Ø 0,67, обмотка II-810 витков провода ПЭВ-2 Ø 0,41). Транзисторы $Т_6$ и $Т_7$ устанавливают на радиаторах площадью 100 см².

(по взвешенной характеристике). Потребляемая электродвигателем мощность 4 Вт. Электродвигатель ТСК-1 управляется высокостабильным генератором.

Все описанные выше электродвигатели при установке в ЭПУ требуют применения специальной передачи, позволяющей диску вращаться с необходимой скоростью. Эти передачи усложняют механизм ЭПУ, а при некачественном исполнении резко снижают механическую характеристику устройства. Кроме того, как видно из формулы (5), уменьшение частоты вращения ротора понижает частоту вибрации электродвигателя. При определенных условиях частота вибрации двигателя может оказаться меньше 20 Гц, т. е. вне частотного диапазона, воспроизводимого ЭПУ высшего класса. Вот почему в последние годы в ЭПУ устанавливают сверхтихоходные электродвигатели с прямым приводом. Это многополюсные электродвигатели с электронным управлением. Частота вращения ротора равна $3^1/_3$ и 45,11 об/мин, что позволяет исключить в ЭПУ передаточные механизмы и устанавливать диск непосредственно на роторе электродвигателя.

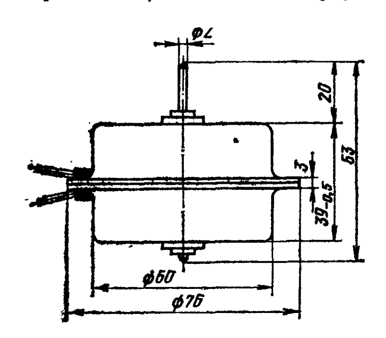


Рис. 10. Габаритный чертеж электродвигателя ТСК-1.

Уменьшение частоты вращения ротора и снижение частоты питающего напряжения до 12—20 Гц сместило резонансные пики в сверхтихоходных двигателях в зону частот, не воспринимаемых человеческим слухом. Поэтому отпала надобность в сложных амортизирующих устройствах, изолирующих электродвигатель от панели ЭПУ.

В этой связи значительный интерес представляет работа, выполненная коллективом под руководством Б. В. Гладкова. Разработанный синхронно-редукторный электродвигатель с магнитно-мягким ротором управляется с помощью кольцевого коммутатора. Работой коммутатора управляет высокостабильный генератор прямоугольных импульсов. Предложенное решение в конструктивном, технологическом и схемном планах проще многих широко известных электродвигателей зарубежных фирм (Dual-701, SL-1100; SL-1200). Двигатель прост по конструкции и может быть изготовлен радиолюбителями.

На рис. 11 показан один из вариантов такого электродвигателя, сконструированного автором специально для любительского ЭПУ.

Двигатель имеет внешний восьмиполюсный ротор 13*, закрепленный тремя винтами *14* в легкой силуминовой обойме *15*. Обойма вращается на стальном кольце *19*, напрессованном на втулку *10*. Шестиполюсный статор *11* тремя винтами М3×10 укреплен на втулке *10* соосно с ротором *13*. Зазор между ротором и статором составляет 0,4±0,1 мм на сторону. На роторе расположены катушки *12*,

* Ротор и статор электродвигателя изготовляют из магнитно-мягкой стали — отожженная с последующим медленным отпуском нелегированная сталь или Ст3.

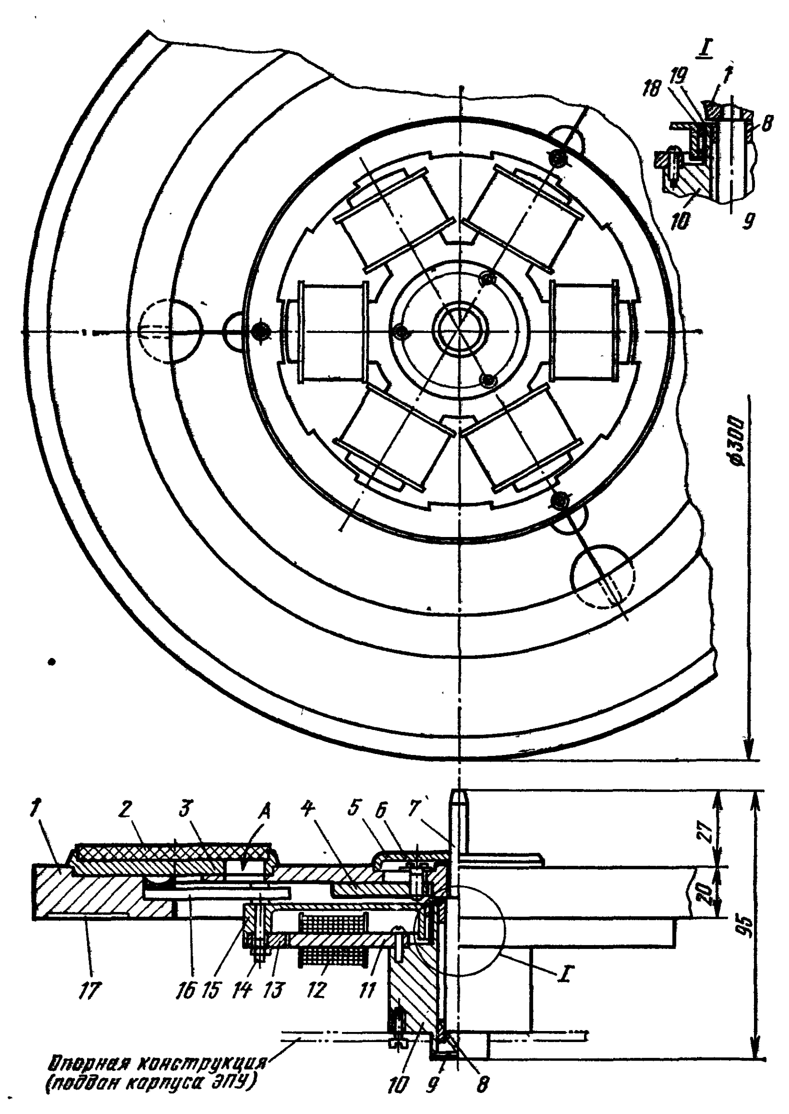


Рис. 11. Сверхтихоходный электродвигатель для ЭПУ.

намотанные проводом ПЭВ-2 ∅ 0,2 (2000 витков в каждой катушке). Катушки закреплены на статоре клеем Н-88 или эпоксидной смолой.

Массивный силуминовый (или иной алюминиевый сплав) диск *1*, на который ложится пластинка, напрессован на шпиндель *7*. Шпиндель по скользящей посадке вставляется во втулку *10*. В нижнем торце шпинделя запрессован стальной шарик ∅ 4 мм, опирающийся на стальную каленую заглушку *9*. Для снижения потерь на трение при вращении шпинделя во втулке *10* в нее запрессованы два кольца *8*. Связь между ротором и диском *1* осуществляется при помощи трех плоских стальных пружин *16*, закрепленных эпоксидной смолой в пазах диска *1* через 120°. Свободный конец пружины *16* входит в паз винта *14*, где он располагается с небольшим зазором (0,1—0,3 мм).

Для того чтобы при сборке двигателя было видно, как устанавливаются в пазы винтов *14* пружины *16*, в диске сделаны три отверстия *А*. Отверстия закрывают тремя резиновыми дисками *2*. На эти диски укладывается пластинка. Собранный двигатель устанавливают на поддон корпуса ЭПУ или на иную опорную конструкцию. Крепят двигатель тремя винтами М3×10, которые ввинчивают во втулку *10*. Детали *3—6* и *17*, *18* являются второстепенными, их назначение понятно из рисунка.

Под воздействием электрических импульсов, поступающих с электронного коммутатора на катушки статора, ротор приходит в прерывистое вращение. Дело в том, что на катушки поступает импульс прямоугольной формы и электромагнитное поле рабочего полюса статора нарастает мгновенно, резко увлекая ближайший полюсный зубец ротора. Столь же резко поле снимается после прохождения импульса.

Для преобразования прерывистого вращения в равномерное, соответствующее нормам на ЭПУ высшего класса, применяют массивный свободно вращающийся диск *1* и эластичные демпферные пружины *16*. В момент включения ротора массивный диск за счет инерции остается на месте, а пружины *16* слегка деформируются. Следующий импульс поворачивает ротор на больший угол, упругие силы пружин *16* преодолевают инерцию диска *1*, и он начинает вращаться. Через один-два оборота ротора диск *1* приходит в равномерное вращение, которое стабилизируется синхронными толчками ротора.

Частота коммутации катушек статора (12 Гц) лежит вне области частотной характеристики усилителя электропроигрывателя и, таким образом, не воспринимается слушателем.

Чертежи основных деталей описанного двигателя показаны на рис. 12 и 13. Тем читателям, которые пожелают спроектировать аналогичный электродвигатель с бо́льшим пусковым моментом и бо́льшим к. п. д., можно порекомендовать увеличить число полюсов на статоре, одновременно увеличив число полюсов ротора. Число полюсов статора рационально выбирать кратным трем (3, 6, 9, ..., $3n$). Для обеспечения вращающего момента число полюсов ротора не должно быть кратным или равным числу полюсов статора. При расчете можно воспользоваться данными табл. 7.

Для увеличения плавности хода ширину полюсов выбирают равной ширине полюсов статора, а длину дуги полюса l ротора — из соотношения

$$l = \frac{\pi D}{2k}, \quad (6)$$

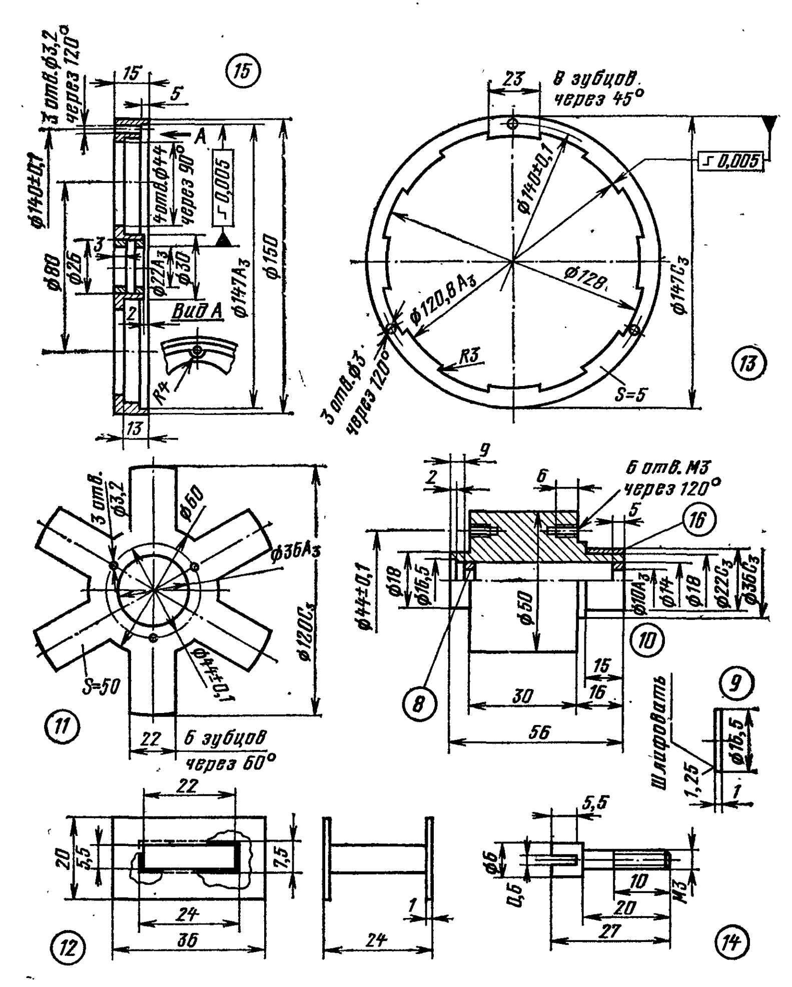


Рис. 12. Детали сверхтихоходного электродвигателя для ЭПУ (см. рис. 11).

8 — втулка, бронза КМц-3-1, 2 шт.; *9* — заглушка, сталь 45, калить HRC 50, 1 шт.; *10* — втулка, сплав Д16Тв, анодировать, 1 шт.; *11* — статор, нелегированная сталь или Ст3, отжечь с медленным отпуском, 1 шт.; *12* — катушка и ее каркас, 6 шт.; *13* — ротор, нелегированная сталь или Ст3, отжечь с медленным отпуском, 1 шт.; *14* — винт, СтА12, цинковать, 3 шт.; *15* — обойма, сплав Д16Тв, анодировать, 1 шт.; *16* — пружина, Ст65Г, лента 0,3; длина 50 мм, ширина 4 мм, 3 шт.

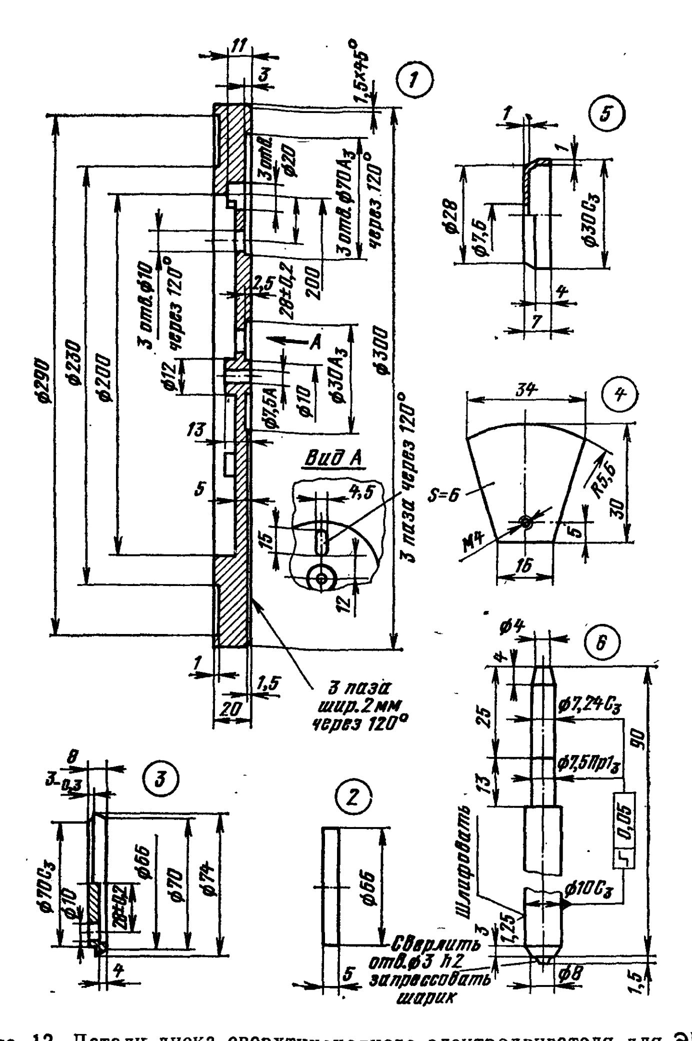


Рис. 13. Детали диска сверхтихоходного электродвигателя для ЭПУ.

1 — диск, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *2* — диск, резина губчатая или паралон, черный цвет, 3 шт.; *3* — бобышка, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 3 шт.; *4* — балансировочный груз, Ст10 цинковать, 3 шт.; *5* — заглушка, сплав Д16Тв, красить эмалью НЦ-11 в красный цвет, 1 шт.; *7* — шпиндель, Ст45, калить HRC 48, шлифовать, 1 шт.

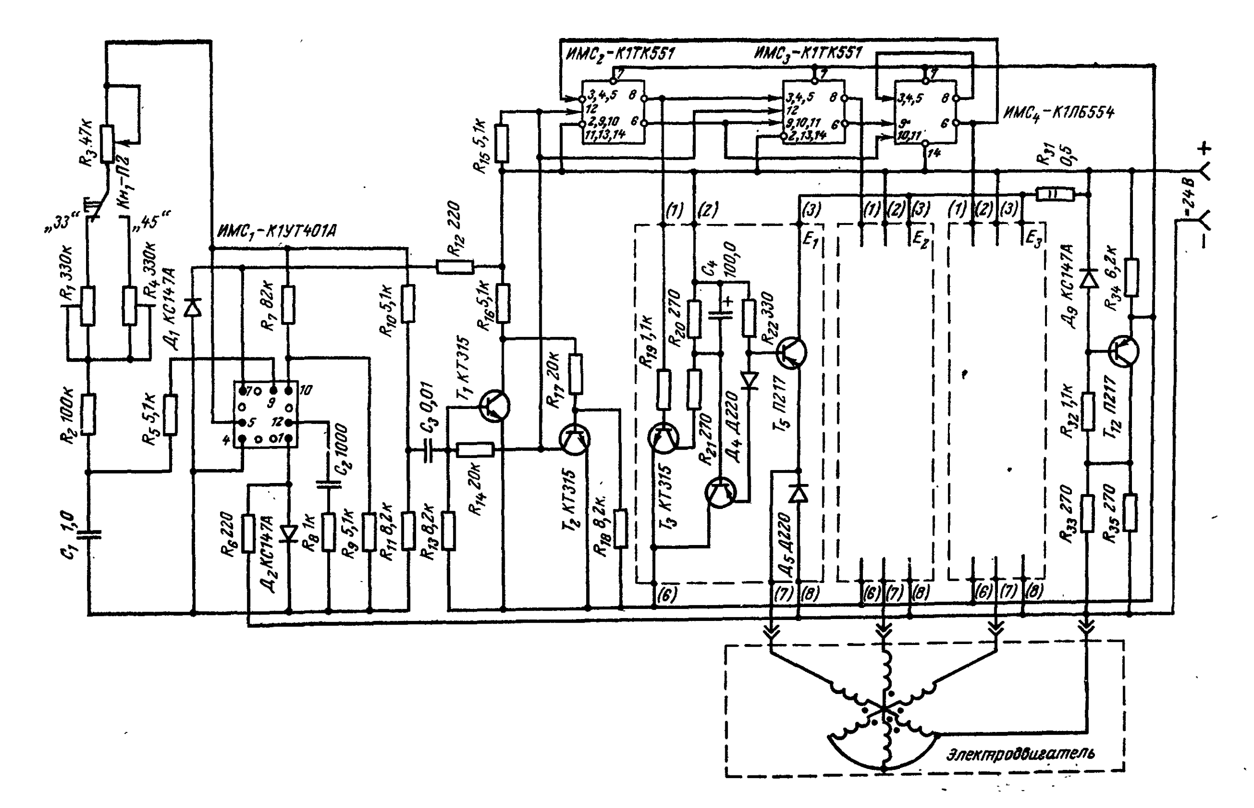


Рис. 14. Принципиальная схема управления сверхтихоходного электродвигателя.

Таблица 7

Количество полюсов статора	3	6	9	12
Количество полюсов ротора	4	8	12	16
То же	2	4	6	8

где *D* — внешний диаметр ротора, мм; *к* — число полюсов ротора. Диаметрально расположенные катушки статора должны включаться одновременно, а соединение их между собой должно быть противофазным. При таком включении катушек обеспечивается одновременное действие на ротор пары сил на противоположных концах диаметра.

Схема включения катушек применительно к описанной конструкции показана на рис. 14. Схема управления предназначена для питания сверхтихоходного двигателя с частотами 33 $^1/_3$ и 45,11 об/мин. Она представляет собой электронный коммутатор импульсов с заданной частотой следования по замкнутому кольцу для создания вращающегося электромагнитного поля. Электронный коммутатор управляется генератором импульсов, выполненным на микросхеме 1УТ401А. Для изменения периода повторения импульсов переключаются подстроечные резисторы в цепи обратной связи. Их используют для грубой подстройки частоты вращения двигателя. Последовательно включенный в эту же цепь резистор (с номиналом на порядок меньше) предназначен для плавной подстройки частоты вращения. Ручка резистора располагается на лицевой панели ЭПУ. Схема генератора обеспечивает погрешность периода повторения ±0,2% при работе в течение 7 ч. При изменении питающего напряжения в пределах ±10% уход частоты генератора не превышает 0,2%. Эти погрешности определяют стабильность работы ЭПУ.

Коэффициент детонации ЭПУ не превышает 0,1% в течение длительного времени, что соответствует нормам на ЭПУ высшего класса. Для согласования микросхемы 1УТ401А с кольцевой пересчетной схемой применен триггер на транзисторах КТ315. Кольцевая пересчетная схема на три группы выполнена на двух микросхемах К1ТК551 и микросхеме К1ЛБ554. Блок работает от описанного выше генератора. Ключевая схема управления обмотками двигателя выполнена на транзисторах П213Б (оконечный ключ), МП41 (предоконечный каскад) и КТ315Б (предварительный каскад). Для устранения обратного хода импульса через выходные транзисторы ключевой схемы нагрузка (обмотки двигателя) шунтируется диодами Д220, включенными в обратном направлении. Активное сопротивление каждой группы нагрузок 32 Ом.

Выходные каскады ключевой схемы питаются напряжением 24 В, предварительные каскады и кольцевая пересчетная схема — напряжением 5 В от стабилизатора на транзисторе П213Б. Базовое напряжение стабилизатора устанавливает стабилитрон КС147А. Для питания схемы нужен стабилизированный выпрямитель на напряжение 24 В и на ток до 1 А.

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧ

В тех случаях, когда в ЭПУ применен быстроходный электродвигатель, в движущий механизм вводится система передач. Суще-

ствует несколько систем передачи вращения от двигателя к диску ЭПУ. Передача может быть осуществлена с помощью фрикционов, гибкой связи посредством эластичных пассиков, а также комбинаций фрикционов и элементов гибкой связи.

Фрикционная передача отличается компактностью, бесшумностью в работе, возможностью получать большие передаточные отношения (до 15). Однако ей присущи и такие отрицательные явления, как скольжение, возникновение в резине остаточной деформации при

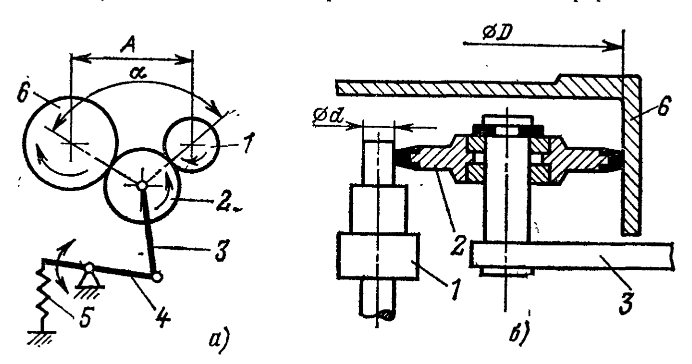


Рис. 15. Кинематическая схема фрикционной передачи обрезиненным роликом (*а*) и ступенчатая фрикционная передача (*б*).

1 — ведущий вал двигателя; *2* — обрезиненный ролик; *3*, *4* — двухзвенный самоустанавливающийся рычаг; *5* — натяжная пружина; *6* — ведомый диск ЭПУ.

хранении механизма в состоянии зацепления. Отрицательно сказывается на работе фрикционных передач засаливание рабочих поверхностей, в связи с чем требуется тщательная защита фрикционов от попадания в них масел.

Схема простейшей фрикционной передачи показана на рис. 15, *а*. Она состоит из ведущего вала двигателя, паразитного обрезиненного ролика и ведомого диска. Для обеспечения контакта паразитного ролика с ведущим валом и диском необходимо ось ролика располагать на двухзвенном шарнирном самоустанавливающемся рычаге. Для надежной работы передачи следует располагать ролик таким образом, чтобы ведущий вал при вращении втягивал этот ролик в сторону зацепления с ведомым диском. Иное расположение паразитного ролика приводит к ухудшению сцепления и появлению вибрации. Немаловажную роль играет угол α. Надежное зацепление обеспечивается, когда угол лежит в пределах 100—130°.

При выполнении прямой фрикционной передачи между осью двигателя и диском ЭПУ (рис. 15, *б*) необходимо произвести расчет элементов кинематической схемы, исходя из условия вращения диска с наименьшей частотой ($33\,^1/_3$ об/мин), и определить наименьший диаметр насадки на ось двигателя.

Передаточное число

$$i = n_{\text{м}}/n_{\text{д}}, \qquad (7)$$

где $n_{\text{м}}$ — частота вращения мотора; $n_{\text{д}}$ — частота вращения диска ЭПУ.

Из конструктивных соображений не следует выбирать наименьший диаметр насадки на двигатель меньше 3—3,5 мм. Задавшись диаметром d наименьшей насадки, найдем приводной диаметр D диска с учетом двойного скольжения передачи:

$$D = id(1 - S)^2, \tag{8}$$

где S — коэффициент скольжения.

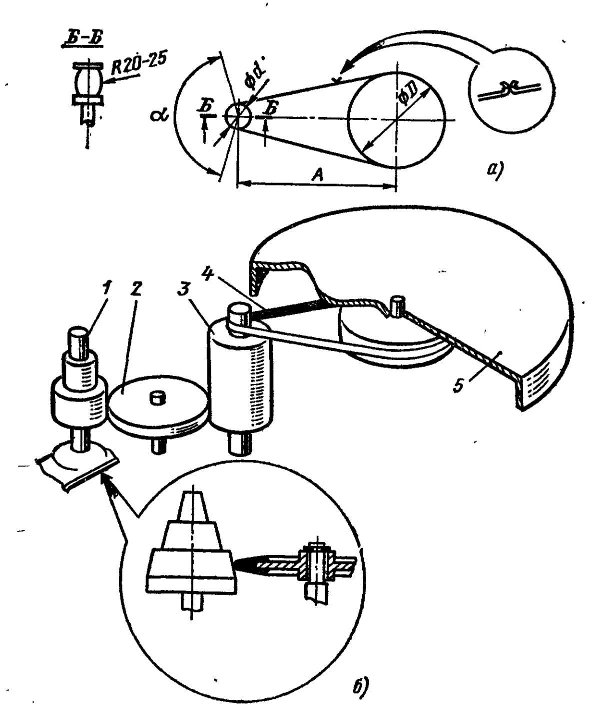


Рис. 16. Кинематическая схема передачи с гибкой связью.

а — сшивной шов плоского пассика; *б* — конструкция ступенчатого переключателя с подстройкой частоты вращения диска; *1* — насадка на вал электродвигателя; *2* — фрикционный ролик; *3* — промежуточный вал; *4* — пассик; *5* — диск ЭПУ.

При этом следует учитывать, что с увеличением диаметра диска при неизменном моменте инерции J масса маховика уменьшается

$$J = mR^2, \tag{9}$$

где m — масса маховика.

Этот факт весьма существен, ибо он позволяет при увеличении диаметра диска ЭПУ снижать его массу и тем самым уменьшать нагрузку на вал диска. Отсюда совершенно очевидно стремление выполнять диск по возможности большего диаметра.

Диаметр паразитного ролика определяют графическим способом, с помощью межцентрового расстояния A (этот размер выбирают из конструктивных соображений) и полученных в результате подсчета диаметров D и d. Сила включающей пружины 5 (рис. 16) должна быть небольшой, не более 600 $9{,}8 \cdot 10^{-3}$ н. Такая пружина не создает ощутимых радиальных нагрузок на валы двигателя и диска ЭПУ.

Применяя ступенчатую насадку на вал ведущего двигателя, можно изменять передаточное число i и, таким образом, изменять частоту вращения диска. Такая система применена в промышленном ЭПУ II класса, выпускаемом Рижским электромеханическим заводом. Необходимым условием работы такой передачи является отвод паразитного ролика от ступенчатой насадки на вал двигателя в момент смены скоростей и при выключении ЭПУ. В любой системе фрикционной передачи необходимо предусмотреть отвод обрезиненного ролика от вала и диска при выключенном ЭПУ. Обычно этот отвод происходит под действием механизма автостопа.

Общим недостатком всех описанных систем фрикционных передач является достаточно жесткая механическая связь между двигателем и диском ЭПУ. А это может привести к передаче вибрации от двигателя к диску. Для борьбы с этим явлением приходится увеличивать массу диска ЭПУ, что создает лишнюю нагрузку на подшипниковый узел диска, а при радиальном биении и плохой балансировке самого диска служит источником детонации (плавание звука).

В связи с этим заслуживает внимания система передачи вращения с гибкой связью (рис. 16). Здесь сочетается фрикционная передача со ступенчатым редуктором (аналогичным изображенному на рис. 15, *б*) с ременной передачей. Одним из основных достоинств системы с гибкой связью является механическая развязка двигателя и диска. Разделение системы осуществляется путем демпфирующего действия эластичного резинового пассика, резко уменьшающего передачу вибрации от двигателя к диску ЭПУ. Кроме того, устраняется влияние деформации резинового обода фрикционного ролика. Из-за изменения упругости резины возможно изменение скорости его вращения. Демпфирующее (гасящее) действие пассика сводит влияние этого явления на диск ЭПУ практически к нулю. Передачу с гибкой связью применяют в высококачественных ЭПУ отечественного и зарубежного производства.

Передаточное отношение ременной связи с учетом скольжения подсчитывают по формуле

$$i = (1 + S)\,\frac{D}{d}, \tag{10}$$

где S — коэффициент скольжения пассика (равен 0,01—0,015).

Зная диаметр промежуточного вала, находим приводной диаметр на диске ЭПУ

$$D = \frac{id}{1 + S}. \tag{11}$$

Угол охвата α должен быть не менее 150°. Точное его значение можно вычислить по формуле

$$\alpha = 180° - 57{,}4° \left(\frac{D - d}{A}\right), \tag{12}$$

где A — расстояние между центрами диска и промежуточного вала.

Длина пассика находится из соотношения

$$L = 2A + 1{,}57\,(d + D) + \left(\frac{D - d}{4A}\right)^2. \qquad (13)$$

В качестве материала для втулок обрезиненных роликов желательно применять латунь ЛС-59-1 или бронзу. Эти материалы обладают хорошим сцеплением с резиной. Чтобы при вращении не создавать механических помех из-за плохой балансировки, масса ролика должна быть минимальной. В том месте ролика, где на него надето резиновое кольцо, необходимо сделать накатку для лучшего сцепления резины с металлом. В том случае, если обрезинивание ролика происходит методом вулканизации, лучше применять резины марок НО68-1, НО98-1, В-14, ВИАМ-106. Хорошие результаты можно получить при использовании полиуретана марок СКУ-6, СКУ-7, СКУ-8. Полиуретан, нанесенный слоем толщиной 2—4 мм, имеет большой срок службы и отличается отсутствием остаточной деформации.

Если вулканизацию осуществить затруднительно, обрезинивание ролика можно произвести путем наклейки на него клеем БФ-88 кольца, вырезанного из твердой листовой резины.

В передачах с гибкой связью следует использовать плоские эластичные резиновые пассики, которые в отличие от пассиков круглого сечения позволяют осуществить передачу более точно. Материалом для них могут служить резины марок 1847, 3311, НО68-1, 98-1. Хорошим материалом для изготовления пассиков является лавсан. Он отличается высокой прочностью, надежностью и легкостью. Лавсановые пассики в отличие от резиновых хорошо работают даже на малых диаметрах шкивов (5—10 мм). Это достигается благодаря очень малой трещине лавсановой ленты (0,1—0,3 мм). Для устранения перемещения пассика по шкиву его рабочей поверхности придается бочкообразная форма (рис. 16, вид *Б-Б*).

В случае, если нельзя подобрать плоский пассик нужных размеров, вполне допустимо использовать сшивной пассик (рис. 16, *а*). Если наименьший шкив передачи имеет диаметр порядка 20—25 мм, шов ощутимо не ухудшает параметры передачи.

В высококачественных ЭПУ должна быть предусмотрена возможность точной подстройки частоты вращения диска. Юстировочный механизм можно выполнить по схеме, показанной на рис. 16, *б*. Точная подстройка осуществляется путем небольшого осевого перемещения промежуточного ролика *2* по конусной поверхности насадки *1*. Подстройку можно осуществить также путем осевого перемещения шкива *3*, если его боковая поверхность имеет конусность.

Иначе решен вопрос с точной подстройкой частоты вращения в ЭПУ фирмы Braun (модель PS 420). Регулирование частоты вращения в небольших пределах происходит за счет изменения тормозящего момента на насадке двигателя (рис. 17). На опорной панели укреплены электродвигатель *10* и скоба *9*, которая может перемещаться. Скоба *9* удерживается с помощью букс *1* и *8*, проходящих в ее пазы. На скобу *9* наклеена фрикционная прокладка *7*, соприкасающаяся с конусным фланцем насадки *6*. Пружиной *11* скоба постоянно поджата к образующей эксцентрика *4*. При повороте ручки *3* с жестко укрупленным на ее конце эксцентриком *4* скоба *9* перемещается в направлении стрелки. В результате этого перемещения фрикционная прокладка *7*, прижимаемая с переменным усилием к

конусной поверхности насадки *6*, и затормаживает фланец. Чем ближе смещается прокладка *7* к краю фланца, тем больше тормозящий момент на валу двигателя, а следовательно, тем меньше частота вращения насадки *6*. Деталь *2* является наружной панелью, а *5* — упорной буксой. Регулируя тормозящий момент, можно в небольших пределах изменять частоту вращения двигателя ЭПУ.

Совершенно очевидно, что такой способ подстройки частоты вращения применим только в том случае, если в ЭПУ используется

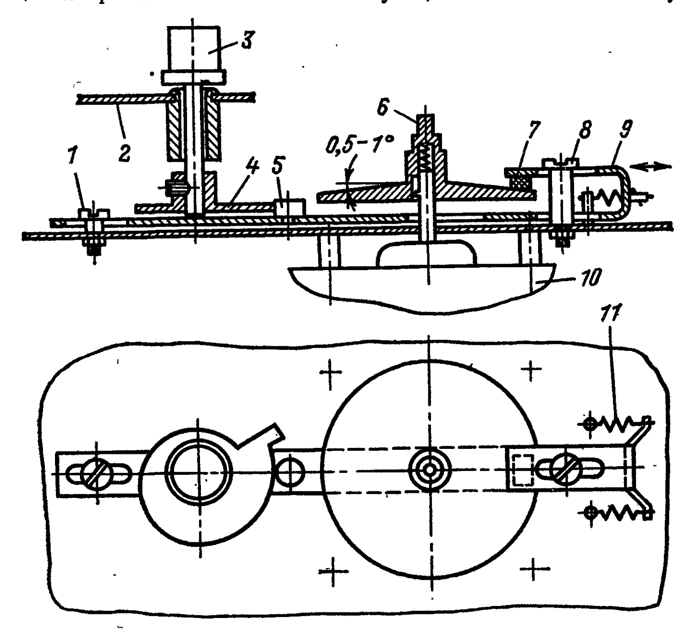


Рис. 17. Юстировочный механизм точной подстройки скорости диска ЭПУ, применяемый фирмой «Braun».

двигатель с достаточным запасом мощности. Сложность выполнения такого механизма в любительских условиях заключается в том, что в качестве фрикционной прокладки необходимо применять материал, стойкий к стиранию. Для этих целей можно рекомендовать фрикционную массу тормозных колодок автомобилей или мотоциклов.

Более широкое распространение в ряде зарубежных высококачественных ЭПУ получил механизм подстройки частоты вращения с использованием вихревых токов. Они возникают в алюминиевом или медном диске при его вращении в поле постоянного магнита. Диск толщиной 1,5—2 мм жестко укрепляют на валу двигателя или промежуточного ролика, а магнит перемещают вручную по радиусу диска.

Конструктивно устройство может быть выполнено так же, как на рис. 17, с той только разницей, что вместо фрикционной колодки

устанавливается постоянный магнит, между полюсами которого вращается диск. Зазор между диском и полюсами магнита нужно установить минимальным (0,1—0,3 мм). Магниты можно использовать от электродвигателя для детских механических игрушек (ДП-10, ДП-4 и др.). Этот механизм не требует существенного повышения мощности электродвигателя ЭПУ.

Еще большей простотой отличается система подстройки частоты вращения, которая осуществляется чисто электрическим путем. На

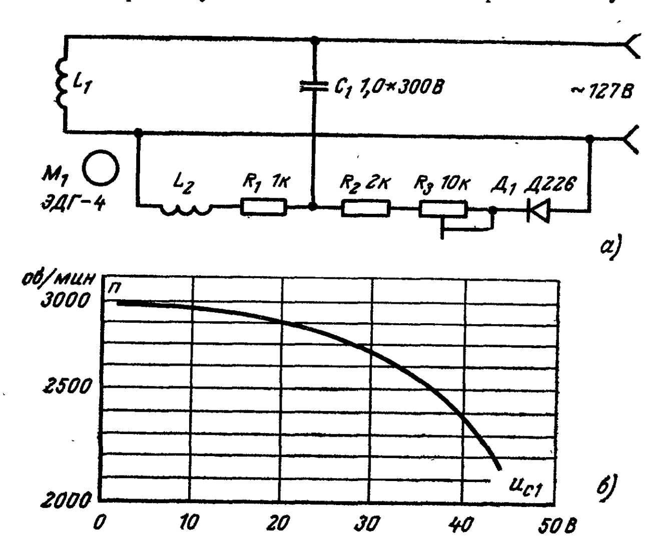


Рис. 18. Электрическая коррекция частоты вращения асинхронного конденсаторного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

а — принципиальная схема включения корректирующей цепи; *б* — график зависимости числа оборотов двигателя от напряжения постоянного тока на его вспомогательной обмотке.

рис. 18 показана схема включения двигателя серии ЭДГ совместно с корректирующей цепочкой (резисторы R_2, R_3 и диод $Д_1$). Зависимость числа оборотов двигателя от напряжения постоянного тока в цепи обмотки L_2 иллюстрирует график на рис. 18, *б*. Сопротивления резисторов, указанные на схеме, позволяют изменять число оборотов у двигателя ЭДГ-4 в пределах ±1,9%. Применяя такой электрический корректор частоты вращения диска необходимо учитывать, что изменение частоты вращения ротора двигателя происходит в меньшую сторону. Поэтому, рассчитывая диаметр шкива на оси двигателя, следует принимать в расчет не номинальное число оборотов двигателя, а примерно на 0,9% больше номинального. Снижение числа оборотов больше чем на 2% описанным методом недопустимо.

Большими достоинствами систем, показанных на рис. 17 и 18, являются относительная простота конструкции, возможность вывести ручку подстройки в любое место панели ЭПУ, что важно при художественной проработке внешнего вида ЭПУ.

Говоря о системе передачи и переключении частоты вращения диска ЭПУ, следует упомянуть об одном простейшем приеме, нередко применяемом радиолюбителями в своих конструкциях. Речь идет о ручной переброске пассика на ступенчатой насадке электродвигателя. Для этого двигатель ЭПУ располагают таким образом, чтобы к нему был обеспечен свободный доступ в процессе эксплуатации устройства. В лицевой панели ЭПУ в месте установки двигателя делают крышку, открыв которую можно рукой перебросить пассик передаточного механизма с одного диаметра ступенчатой насадки на валу двигателя на другой. Эту операцию нужно производить при обесточенном остановленном электродвигателе и избегать засаливания пассика пальцами. Не лишне будет предусмотреть на крышке люка блокировку, отключающую двигатель всякий раз, когда крышка открывается. Такой простейший «переключатель» частоты вращения работает надежно, освобождая радиолюбителя от необходимости изготавливать сложный механизм.

Применение электродвигателей с электронным управлением вообще исключает из конструкции ЭПУ какие-либо механические переключатели, что делает устройство еще надежнее.

КОНСТРУКЦИИ ДИСКА И ШПИНДЕЛЯ ЭПУ

Диск ЭПУ служит для придания пластинке вращательного движения с заданной скоростью. Диск является заключительным ведомым звеном в системе движущего механизма электропроигрывателя, конструкция которого в значительной степени определяет размеры и массу диска.

В ЭПУ I класса, в которых, как правило, передача вращения от двигателя к диску осуществляется фрикционным механизмом с гибкой связью (см. рис. 16), размеры диска определяются требованиями к стабильности частоты вращения. В электропроигрывателях II и III классов, где наибольшее распространение получили простые фрикционные передачи, размеры диска в значительной мере определяются параметрами этой передачи и необходимостью создания заданного передаточного соотношения. Во всех случаях при конструировании диска ЭПУ необходимо решить три основные задачи: обеспечить достаточную массу диска для получения такого момента инерции, который бы придал диску стабильную частоту вращения с минимальной для данного класса ЭПУ детонацией; максимально снизить нагрузку на вал диска; свести к минимуму передачу вибрации от двигателя и других механизмов ЭПУ к игле звукоснимателя.

Для определения геометрических размеров диска ЭПУ необходимо произвести его расчет, исходя из требуемых норм стабильности частоты вращения диска.

Из-за неравномерности частоты вращения ротора электродвигателя, неоднородностей материала фрикционов и ряда других возмущающих факторов угловая скорость ω диска ЭПУ в каждый момент времени имеет различные значения. Поэтому, когда говорится об угловой скорости диска, имеется в виду средняя угловая скорость

$$\omega_{ср} = \frac{\omega_{макс} + \omega_{мин}}{2}. \tag{14}$$

Коэффициент колебания скорости вращения в этом случае выразится следующим соотношением:

$$\delta = \frac{\omega_{\text{макс}} - \omega_{\text{мин}}}{\omega_{\text{ср}}}. \qquad (15)$$

Неравномерность вращения диска является результатом изменения кинетической энергии всего механизма ЭПУ за время одного оборота диска

$$\Delta E = E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}. \qquad (16)$$

Уменьшить коэффициент детонации можно увеличением момента инерции диска, что очевидно из следующего выражения:

$$J_{\text{д}} = \frac{\Delta E}{\delta\omega_{\text{ср}}^2}, \qquad (17)$$

где $J_{\text{д}}$ — момент инерции диска ЭПУ.

Момент инерции диска, кг·м², пересчитывают по формуле

$$J_{\text{д}} = \frac{MD^2}{4}, \qquad (18)$$

где M — масса диска, кг; D — наружный диаметр диска, м.

Диск диаметром 250—280 мм для ЭПУ II и III классов должен иметь массу в пределах 0,8—1,5 кг. У проигрывателей I класса диск с диаметром 300 мм имеет массу 4—5 кг. Надо отметить, что увеличение момента инерции диска полностью не избавляет ЭПУ от детонации, вызванной радиальным биением диска, дефектами в фрикционной передаче и т. д. Чем большим моментом инерции обладает диск, тем эти факторы сказываются слабее. Но полностью избавиться от них одним увеличением массы диска не удается.

Как видно из формулы (18), масса диска, находящаяся у оси вращения, мало влияет на момент инерции. Поэтому предпочтительнее сосредоточить основную массу диска дальше от его центра — на ободе. Если нет необходимости изготовить диск строго определенного диаметра, как это имеет место при фрикционной передаче или в малогабаритном ЭПУ, то для увеличения момента инерции диаметр диска следует сделать большим. При этом можно уменьшить его массу и тем самым снизить нагрузку на вал диска и облегчить его вращение. Именно поэтому не надо делать диски ЭПУ чрезмерно тяжелыми.

В промышленных ЭПУ диск изготовляют методом штамповки из листовой стали толщиной около 2 мм. В ряде высококачественных ЭПУ используют диски, отлитые из цинкового сплава. Перед установкой на ЭПУ приводной диаметр диска протачивают для устранения радиального биения. Как показывает практика, радиальное биение диска, равное 0,1 мм, вызывает детонацию в пределах 0,15—0,16%, а при увеличении радиального биения до 0,5 мм детонация увеличивается до 0,9%. Исходя из этого для ЭПУ II и III классов следует принять допустимое радиальное биение, равное 0,1 мм, а для электропроигрывателя I класса — 0,05 мм.

Торцовое биение меньше сказывается на детонацию ЭПУ, и поэтому здесь вполне допустимы биения до 0,5 мм. Особое внимание необходимо обратить на балансировку диска. Несбалансированный диск может стать источником значительной детонации.

ЭПУ, снабженное корректором частоты вращения, непременно должно иметь стробоскопические деления для контроля числа оборотов диска. Два варианта расположения стробоскопических делений на диске ЭПУ показаны на рис. 19. Проще всего выполнить конструкцию, изображенную на рис. 19, *а*. Риски делений наносят на боковую поверхность диска и подсвечивают неоновой лампочкой, включенной в сеть с частотой 50 Гц. Однако засветка делений лам-

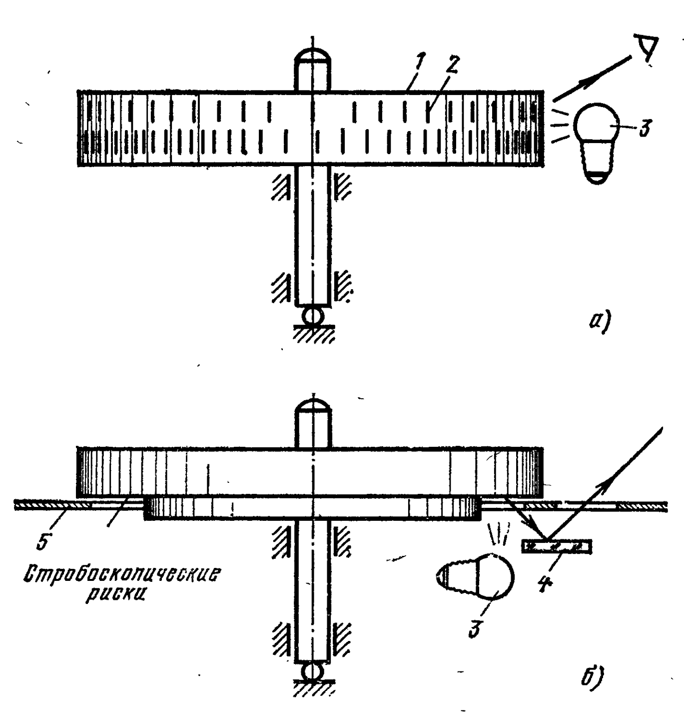


Рис. 19. Стробоскопические деления на боковой поверхности диска ЭПУ (*а*) и на торцовой поверхности (*б*).

1 — диск ЭПУ; *2* — риски стробоскопического деления; *3* — неоновая лампочка; *4* — зеркало; *5* — лицевая панель ЭПУ.

пами накаливания, зажженными в помещении, ухудшают условия наблюдения. От этого недостатка свободна конструкция, показанная на рис. 19, *б*. Здесь стробоскопические деления нанесены на нижнем торце диска ЭПУ (аналогично сделано в конструкции диска на рис. 11), скрытом лицевой панелью, в которой сделано окно. Через это окно при помощи зеркала можно наблюдать стробоскопические деления, освещенные неоновой лампочкой. Установку номинальной частоты вращения производят при реальной нагрузке на диске ЭПУ.

Стробоскопические метки, освещаемые светом неоновой лампочки, включенной в сеть с частотой 50 Гц (частота мигания ее в этом случае равна 100 Гц), будут казаться неподвижными, если

$$n = 60fк/Z, \qquad (19)$$

где n — частота вращения диска со стробоскопическими делениями, об/мин; $к$ — количество меток, проходящих место наблюдения между световыми импульсами (целые числа); f — частота световых импульсов, Гц; Z — число меток на стробоскопическом диске.

Из выражения (19) найдем число стробоскопических меток для заданной частоты вращения диска ЭПУ

$$Z = 60fк/n. \qquad (20)$$

На точность расчета большое влияние оказывает правильность выбора значения $к$. Покажем это на примере расчета стробоскопического диска для частоты вращения 45 об/мин. При $к=1$ $Z_1=133$, а при $к=2$ $Z_2 \approx 266$.

Проверим, в каком случае выше точность определения частоты вращения диска ЭПУ, для чего подставим значения Z_1 и Z_2 в формулу (19). Тогда для $к=1$ получим $n_1=45{,}133$, а для $к=2$ — $n_2=44{,}944$. В первом случае (n_1) ошибка составляет 0,25, а во втором случае (n_2) — 0,12%.

Форма стробоскопических меток может быть в виде рисок или точек. Последние предпочтительнее, так как по ним легче установить номинальную частоту вращения. При малейшем отклонении частоты вращения диска точки превращаются в эллипс.

Изготовить большой массивный диск в любительских условиях не всегда представляется возможным. В этом случае можно рекомендовать конструкцию, показанную на рис. 20. Диск состоит из трех секторов, которые в крайнем случае можно выпилить вручную. Винтами сектора крепятся на шкиве, образуя диск-трехлистник. При сборке его необходимо добиться минимальных радиального и осевого биений секторов. Сквозь шкив проходит шпиндель, закрепленный за счет плотной посадки или иным способом (стопорным винтом, например). Размер D на шкиве является приводным диаметром и рассчитывается по формуле (11).

Для придания диску значительной массы на каждом секторе под углом 120° относительно друг друга располагаются три груза. Их крепят снизу диска винтами. Грузы могут передвигаться по радиусу за счет пазов. Сверху каждого сектора (над грузом) располагаются бобышка с резиновой заглушкой. На эти заглушки ложится пластинка. Винт вворачивается в тело бобышки. Диск балансируется в собранном виде за счет перемещения грузов. После окончания балансировки винты затягиваются, и диск готов к установке в ЭПУ.

Диски, показанные на рис. 11 и 20, имеют одну особенность, отличающую их от широко известных конструкций. В них пластинка ложится на три высоко поднятые бобышки с резиновыми амортизирующими заглушками. Установленную на такой диск пластинку легко снять с проигрывателя, не касаясь руками поля записи. Меньшая площадь контакта пластинки с диском снижает уровень вибраций, передающихся на звукосниматель через диск. Упрощается процесс изготовления резиновых амортизаторов (заглушек) из-за небольших размеров детали.

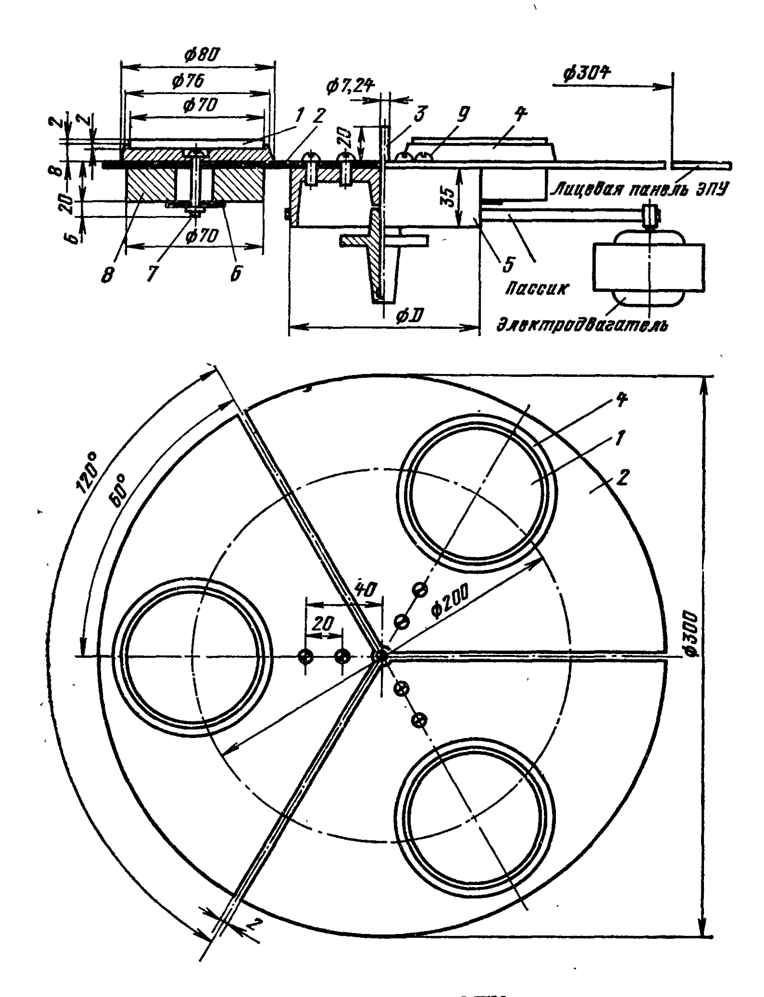


Рис. 20. Конструкция секционного диска ЭПУ.

1 — резиновый вкладыш, 3 шт.; *2* — сектор диска, сплав Д16Тв, лист 2, красить в черный матовый цвет, 3 шт.; *3* — шпиндель диска ЭПУ; *4* — бобышка, сплав Д16Тв, красить в черный матовый цвет, 3 шт.; *5* — шкив, сплав Д16Тв, анодировать, 1 шт.; *6* — шайба, Ст10, лист 2, цинковать, диаметры центрового отверстия 4 мм, наружного 30 мм, 3 шт.; *7* — винт М4×25 (3 шт.); *8* — груз, Ст10, цинковать, 3 шт.; в центре симметрично паз 4,5×30; *9* — винт М4×10 (6 шт.). Лицевую панель красить белой эмалью.

Валом вращения диска является шпиндель (рис. 21). Наружный диаметр шпинделя по ГОСТ 18631-73 равен $7{,}24^{-0{,}05}_{-0{,}15}$ мм. В зависимости от устройства и класса ЭПУ существуют различные конструкции шпинделя. У электропроигрывателей III класса допустимый коэффициент детонации позволяет выполнить диск сравнительно легким, вследствие чего у него невелика нагрузка на вал. Шпиндель такого диска (рис. 21, *а*) весьма прост по конструкции и

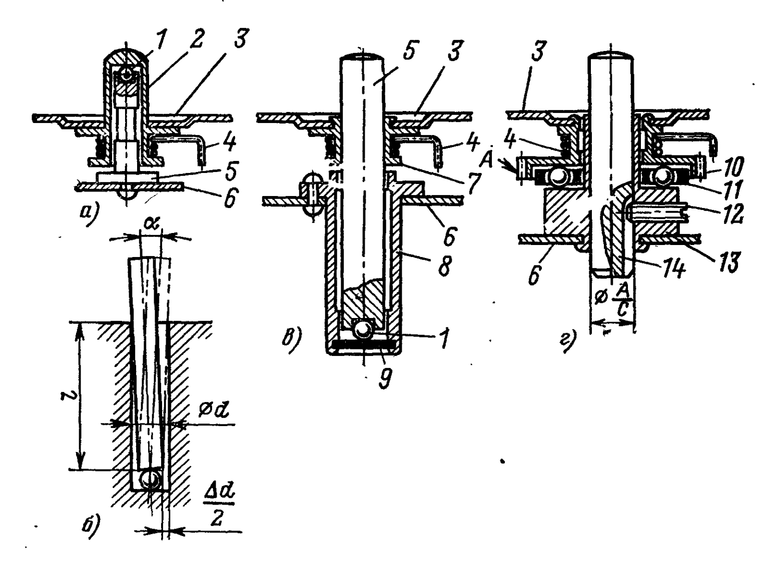


Рис. 21. Конструкция шпиндельного узла диска ЭПУ (*А* — зубчатый венец ведущей шестерни автоматического ЭПУ).

состоит из запрессованной в диск втулки *2* и приклепанной к панели ЭПУ *6* вала *5*. Для снижения осевого трения конец вала оформлен в виде шаровой поверхности. Часто для этих целей в торец вала запрессовывают стальной каленый шарик *1*. Для уменьшения радиального трения на валу *5* делают проточку. На шейку втулки *2* надевают пружину *4* спускового механизма системы автостопа. В связи с тем что в ЭПУ III класса допускается относительно больший люфт во втулке диска, длина вала *5* может быть небольшой (25—30 мм). Это позволяет выполнить шпиндельный узел диска весьма компактным.

Требования к механическим характеристикам ЭПУ II класса жестче. В частности, радиальное биение диска у таких проигрывателей должно быть не более 0,1 мм. Этого можно достичь двумя способами: сделать сопряжение втулка—вал по высокому классу точности или удлинить втулку и вал, уменьшив, таким образом, влияние зазора на качание диска (рис. 21, *б*). Первый способ при массовом производстве требует повышенных затрат. Кроме того, в процессе эксплуатации втулка изнашивается и ее диаметр увеличи-

вается, что приводит к увеличению люфта. Второй способ более надежен и прост. В самом деле, если образующая в сопряжении втулка—вал достаточно велика, угол отклонения (качания) α оси вала, вызванный наличием зазора $\Delta d/2$, в пределах поля допуска будет небольшим. При небольшом l и том же зазоре $\Delta d/2$ угол качания α будет больше. Из сказанного ясно, что для удлиненного вала можно сделать более свободную посадку. Этот принцип использован в 11-ЭПУ-52 и других ЭПУ (рис. 21, *в*). Как видно из рис. 21, *в*, шпиндель *5* запрессован в диск *3* (при помощи втулки *7*). К панели *6* приклепаиа втулка *8* с опорной пятой *9*. Во втулке, опираясь на шарик *1*, вращается шпиндель *5*. Чем длиннее шпиндель, тем меньше сказывается зазор между втулкой и шпинделем.

На рис. 21, *г* изображен шпиндельный узел диска автоматического проигрывателя. В таких ЭПУ, как это будет показано далее при описании узла сброса, необходимо делать шпиндель сменным (съемным), поэтому диск автоматического проигрывателя прикреплен ко втулке *10*, вращающейся на валу с фланцем *13*. Для облегчения хода и устранения качания диска между торцом втулки *10* и фланцем *13* установлен опорный шарикоподшипник *11*. Во избежание возникновения ударных толчков в результате попадания на поверхность фланца частиц грязи необходимо защитить подшипник и фланцы, выполнив один из них с бортиком, имеющим зубчатый венец. Эта шестеренка служит ведущей в системе автоматики автоматического проигрывателя. На валу *13* имеется отверстие, в которое плотно вставляется сменный шпиндель *14*. Для фиксированной установки шпинделя *14* во фланец *13* ввернут штифт *12*, проходящий в паз на шпинделе.

Следует остановиться на конструкции диска ЭПУ с гибкой связью. Как правило, в таких устройствах приводной диаметр диска берется небольшим (не более 100 мм). Отчасти это связано с тем, что основная редукция осуществлена в узле фрикционного переключателя скорости. Немаловажную роль играет тот факт, что большой приводной диаметр диска требует применения длинного пассика, а ведущий шкив передачи должен иметь большой диаметр. Это приводит к созданию значительных вращающихся масс, и даже небольшой разбаланс системы приводит к паразитной детонации. Поэтому в ЭПУ с гибкой связью очень распространена конструкция диска, показанная на рис. 22. Она аналогична конструкции на рис. 21, *г* и отличается только способом крепления диска. Вращающаяся втулка *2* с зубчатым венцом (или без него, если ЭПУ не автоматическое) выполнена в виде шкива. На этот шкив надевается пассик от узла переключателя скорости. В верхней части шкива имеется заточка, на которую надевается диск ЭПУ. Шкив выполняют из легких сплавов. Диск в таких устройствах, как правило, тяжелый, литой. Он ничем не крепится на шкиве и держится на нем за счет своей массы и плотной посадки. Диск легко снимается с ЭПУ, открывая доступ к работающему механизму.

Торможение тяжелого диска при смене пластинок связано с нежелательным увеличением нагрузок на движущий механизм, приводящих к повышенному износу. Поэтому часто в ЭПУ с тяжелым диском во время его торможения он простейшим устройством приподнимается над втулкой *2*, отключаясь от движущего механизма. Для вращения пластинки диск *3* опускается на вращающуюся втулку *2*. Такая конструкция часто применяется в высококачественных ЭПУ.

Обязательной принадлежностью всех современных ЭПУ является переходная втулка (детали *4* и *5*), надеваемая на шпиндель *1* диска и служащая для проигрывания пластинок с центровым отверстием диаметром 38,15 мм. Иногда на нижнюю поверхность этой втулки наклеивают бархотку *5*, в результате чего получается своеобразная щеточка для очистки пластинки от пыли.

Для лучшего сцепления пластинки с диском поверх последнего кладут резиновую прокладку. Ее поверхность выполняют рифленой с радиальными или концентрическими канавками. Кроме увеличения

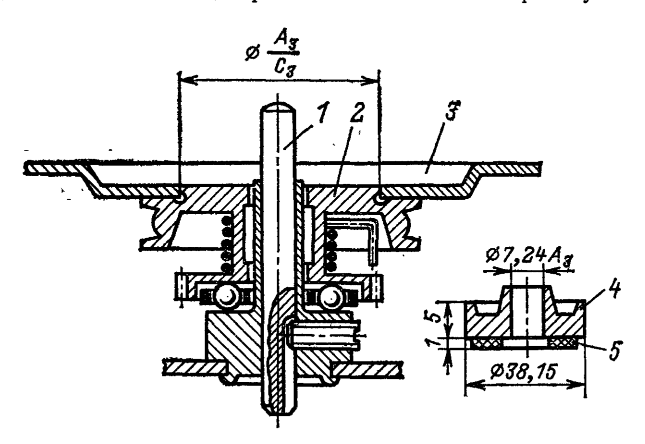


Рис. 22. Шпиндельный узел ЭПУ с передаточным механизмом с гибкой связью.

момента трения между пластинкой и диском, прокладка до некоторой степени демпфирует вибрацию, проникающую от механизма ЭПУ на диск. Толщину прокладки выбирают в пределах 3—5 мм.

Шпиндель автоматического проигрывателя конструктивно отличается от шпинделя обычного ЭПУ, описанного выше. В бытовых автоматических ЭПУ стопка пластинок (до десяти штук) устанавливается над диском и удерживается в таком положении упорами шпинделя. При этом сам шпиндель не вращается вместе с диском.

Конструкции шпинделей автоматических ЭПУ можно разделить на три основных типа:

1) пассивный шпиндель, не содержащий в себе механизма сбрасывания пластинок и служащий лишь для удержания стопки пластинок над диском;

2) шпиндель со встроенным в него механизмами сбрасывания пластинок и отключения ЭПУ от сети после проигрывания последней пластинки;

3) шпиндель со встроенным в него механизмом сбрасывания пластинок без отключения ЭПУ от сети после проигрывания последней пластинки.

Механизм первого типа (рис. 23) прост в изготовлении и применяется в простейших автоматических проигрывателях. Шпиндель *1* такого автомата имеет ступенчатую форму или специальный упор-

ный зуб *10* и фаску[1] *11*. Стопка пластинок *2* надевается на верхний конец шпинделя *1*. От падения на диск ее удерживает торец нижнего колена шпинделя или зуб на нем. Дополнительная опора осуществляется стойкой *9*, укрепленной на панели ЭПУ. В стойке скрыт рычаг *5*, воздействующий на толкатель *4* (закрыт в стойке *9* крышкой *3*). Тягой *7* рычаг *5* связан с механизмом, выдающим команду на

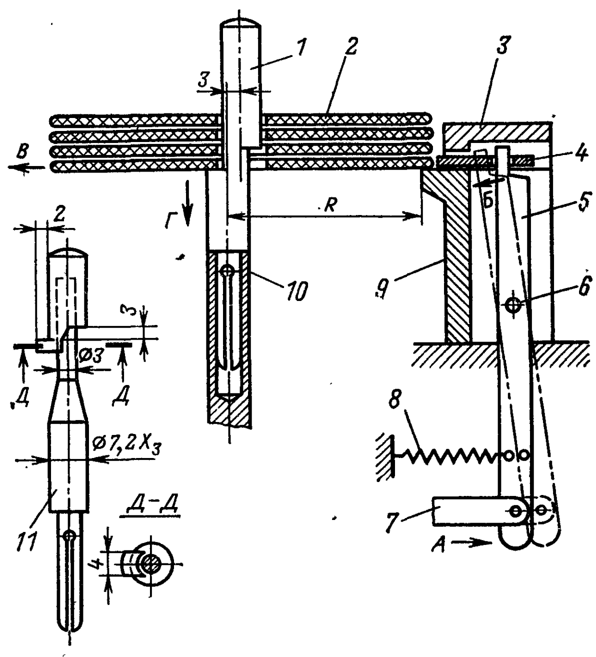


Рис. 23. Простейший узел сбрасывания пластинок.

сброс. По команде этого узла рычаг *5*, поворачиваясь на валу *6*, перемещает толкатель *4* в крайнее левое положение (в направлении стрелки *Б*). При этом толкатель упирается в кромку нижней пластинки и сдвигает ее влево. Центральное отверстие пластинки оказывается совмещенным с нижней частью шпинделя и пластинка, потеряв опору, соскальзывает на диск ЭПУ. После сброса пластинки на диск толкатель *4* под действием возвратной пружины *8* отходит в исходное положение, а стопка пластинок *2* оседает вниз до упора с выступом шпинделя *1* и стойкой *9*. Иногда для автоматического выключения ЭПУ в стойку *9* или шпиндель *1* монтируют рычажок, связанный с контактной группой. Как только последняя пластинка ложится на диск проигрывателя, рычажок размыкает блокировоч-

[1] Конструкция такого шпинделя описана автором в журнале «Радио», 1970, № 9, с. 51.

ные контакты в цепи питания двигателя. После проигрывания последней пластинки срабатывает автостоп, обесточивающий двигатель. Повторное его включение уже не произойдет из-за разомкнутых блок-контактов.

Для проигрывания на таком автомате пластинок различного диаметра необходимо предусмотреть возможность перестановки стой-

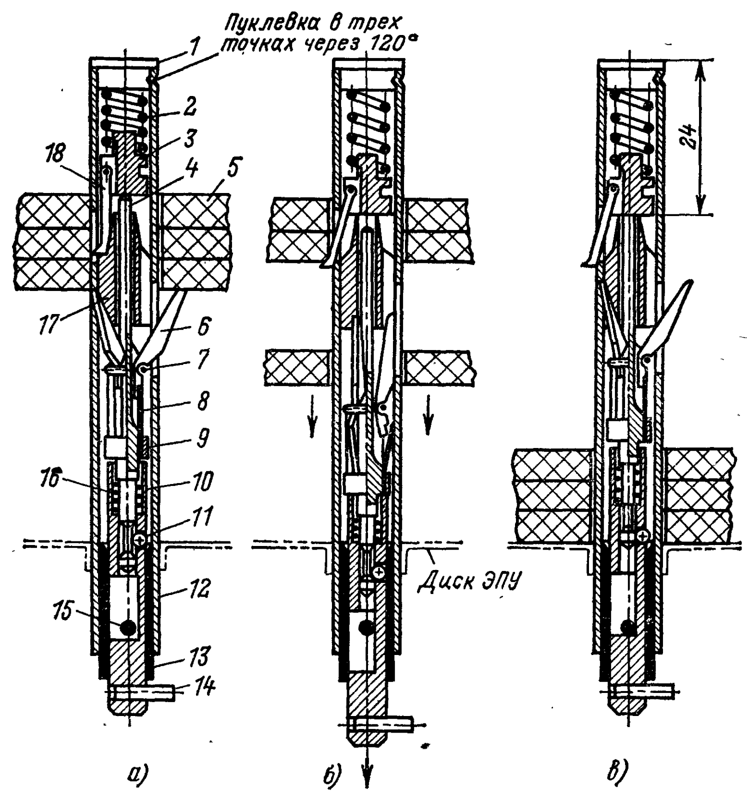


Рис. 24. Конструкция универсального узла сбрасывания.

ки *9*. Размер *R* меняется при этом в соответствии с диаметром устанавливаемых пластинок и берется на 3 мм меньше их радиуса.

Наибольшую сложность в изготовлении представляют универсальные узлы сбрасывания второго типа (рис. 24). Узел сбрасывания, показанный на рис. 24, осуществляет следующие операции: удерживает стопку из десяти пластинок *5* над диском ЭПУ; производит поштучное сбрасывание пластинок на диск ЭПУ; выдает команду на выключение двигателя ЭПУ после окончания проигрывания последней пластинки.

В этом узле применен опорный блок, который не требует стабилизирующего механизма, необходимого для придания пластинкам строго горизонтального положения. Уииверсальность узла сбрасывания вполне оправдывает его относительную сложность. Познакомимся более подробно с механизмом сбрасывания, представленным на рис. 24.

Узел монтируется в полом тонкостенном шпинделе *12*, в верхней части которого расположены шесть пазов. В короткие пазы выходят три отсекателя *18*, шарнирно закрепленные на подпружиненной обойме *3*. Сквозь длинные пазы проходят три спицы *6*, вставленные в пазы на штоке *4* и удерживаемые на нем пружинным кольцом *7*, надетым на проточку в штоке. С помощью ленточного кольца *9* на штоке закреплены три плоские пружины *8*, воздействующие на спицы *6*. Колпачок *1* защищает трубку *12* от пыли.

Передвижение штока вверх-вниз осуществляется толкателем *10*, связанным рычагом *14* с механизмом управления. Зацепление толкателя со штоком осуществляется тремя шариками *11*. Шарики свободно лежат в отверстиях в стенке толкателя *10*. Если на них надавить снаружи (толкатель опускателя в гильзу *13*), то они охватывают шейку штока *4* и, таким образом, осуществляют жесткую связь между толкателем и штоком (рис. 24, *а, б*). Если на шарики надавить со стороны шейки штока, то они выходят в полость между внутренней стенкой трубки *12* и толкателем *10* (рис. 24, *в*) и, упираясь в верхний срез гильзы *13*, препятствуют опусканию толкателя вниз. Гильза *13* неподвижно укреплена в трубке *12* с помощью штифта *15*. Внутри гильзы свободно перемещается вверх-вниз толкатель *10*.

Работает узел сбрасывания следующим образом. На верхний конец штока *12* надевается стопка пластинок, подлежащих проигрыванию (рис. 24, *а*). Пластинки ложатся на три спицы *6*, выдвинутые из пазов штока силой пружин *8*. Под действием массы пластинок шток сжимает пружину *16*, и шейка в его нижней части оказывается против шариков *11*. Во время цикла сбрасывания толкатель *10* под воздействием механизма управления опускается вниз (рис. 24, *б*). При этом шарики *11* упираются в стенку гильзы *13* и входят внутрь толкателя, плотно охватывая шейку штока *12*. Шток оказывается соединенным с толкателем и опускается вместе с ним вниз. Вслед за штоком опускается обойма *3*, на которую сверху давит пружина *2*. Во время опускания обоймы *3* кромки отсекателей *18* скользят по конусной части вкладыша *17* и выходят через пазы наружу. При этом острые зубцы отсекателей входят в зазор между нижней и остальными пластинками стопки. В результате дальнейшего опускания штока спицы *6* упираются в кромку пазов в трубке *12* и складываются, скрываясь в трубке шпинделя (рис. 24, *б*). Нижняя пластинка стопки, лежавшая на спицах, теряет опору и опускается на диск ЭПУ. Оставшаяся часть стопки удерживается в это время отсекателями *18*.

Как только пластинка опустилась на диск, толкатель *10* начинает подниматься, увлекая вверх шток *4*. В результате спицы вновь выходят из пазов на шпинделе. Распрямившись, они принимают на себя стопку пластинок. Верхний конец штока упирается в обойму *3*, отжимая ее вверх, и отсекатели скрываются в пазах шпинделя (рис. 24, *а*). Цикл сбрасывания завершен.

После полного завершения цикла сбрасывания последней пластинки под действием пружины *16* ненагруженный шток поднимается вверх (рис. 24, *в*). При этом нижний его конец наполовину вы-

талкивает шарики *11* в зазор между стенками толкателя и внутренией поверхностью шпинделя. Шарики заклинивают толкатели *10* и, упираясь в торец гильзы *13*, препятствуют его опусканию вниз.

Заклинивание толкателя *10* свидетельствует о том, что пластинок на шпинделе нет и ЭПУ отключается от сети. В качестве датчика в системе выключения ЭПУ может служить простейший механизм, чувствительный к изменению нагрузки на тяге, приводящей в движение толкатель *10*. Если на верхний конец шпинделя надеть хотя бы одну пластинку, то шток под действием ее массы опускается вниз, сжимая пружину *16*. Шарики *11* получают возможность уйти в толкатель *10* и уже не препятствуют его движению вниз. Автомат готов к работе.

На рис. 25 приведены чертежи деталей описанного узла сбрасывания. Надо отметить, что это не единственное конструктивное решение универсального механизма шпинделя автоматического ЭПУ. Внимательное изучение описанного устройства и его чертежей облегчит создание своих конструкций.

Наконец, следует отметить еще один тип шпинделей автоматических ЭПУ. Устройства сбрасывания этого типа (рис. 26) проще в работе и нашли широкое распространение в различных конструкциях бытовых автоматических проигрывателей. Узел сбрасывания состоит из коленчатого шпинделя *2* (*9*), в пазу которого на оси *5* (*11*) находится рычажок сбрасывания *4* (*10*). В исходном состоянии его удерживает плоская пружина *1*. Один ее конец укреплен в теле шпинделя *2*, а другой лежит на выступе рычажка *4*. Снизу в скос этого рычажка упирается стальной шарик *6* диаметром 3,5 мм. Шарик опирается на шток *7*, вставленный в отверстие шпинделя *2*. На шток надета возвратная пружина *8* (*12*).

Стопка пластинок *3* надевается на верхний конец шпинделя *2* и удерживается торцом нижнего колена. Головка рычажка *4* входит в центральное отверстие нижней пластинки. Под воздействием командного механизма, управляющего работой автомата, шток *7* поднимается вверх (рис. 26, *б*) и шарик *6* давит на скос рычажка *4*. В результате этого головка рычажка поворачивается влево, увлекая за собой нижнюю пластинку стопки. Ее центральное отверстие совмещается с нижней частью шпинделя *2*, и пластинка, потеряв опору, опускается на диск ЭПУ. Как только это произойдет, командное устройство перестает давить на шток *7*, который пружиной *8* возвращается в исходное положение, а рычажок *4* отжимается пружиной *1* вправо. Стопка пластинок оседает вниз, и головка рычажка *4* вновь оказывается в центральном отверстии следующей пластинки. Цикл сброса окончен.

На рис. 26, *в* показан один из упрощенных вариантов шпинделя автоматического ЭПУ. Эта конструкция проще шпинделя, показанного на рис. 26, *а*, *б*.

Все описанные выше узлы сбрасывания (за исключением универсального, см. рис. 24) обладают одним общим недостатком: после того как все пластинки сброшены на диск ЭПУ, для их смены необходимо снимать шпиндель с диска. Сменить пластинки без отделения шпинделя от диска невозможно, так как этому препятствует уступ на шпинделе. Съемный шпиндель вызывает много неудобств: прежде всего он должен плотно входить во втулку опорного подшипника диска ЭПУ и надежно там удерживаться. Поскольку на шпиндель действует значительная нагрузка (масса комплекта пластинок может доходить до 600—800 г) и необходим частый съем

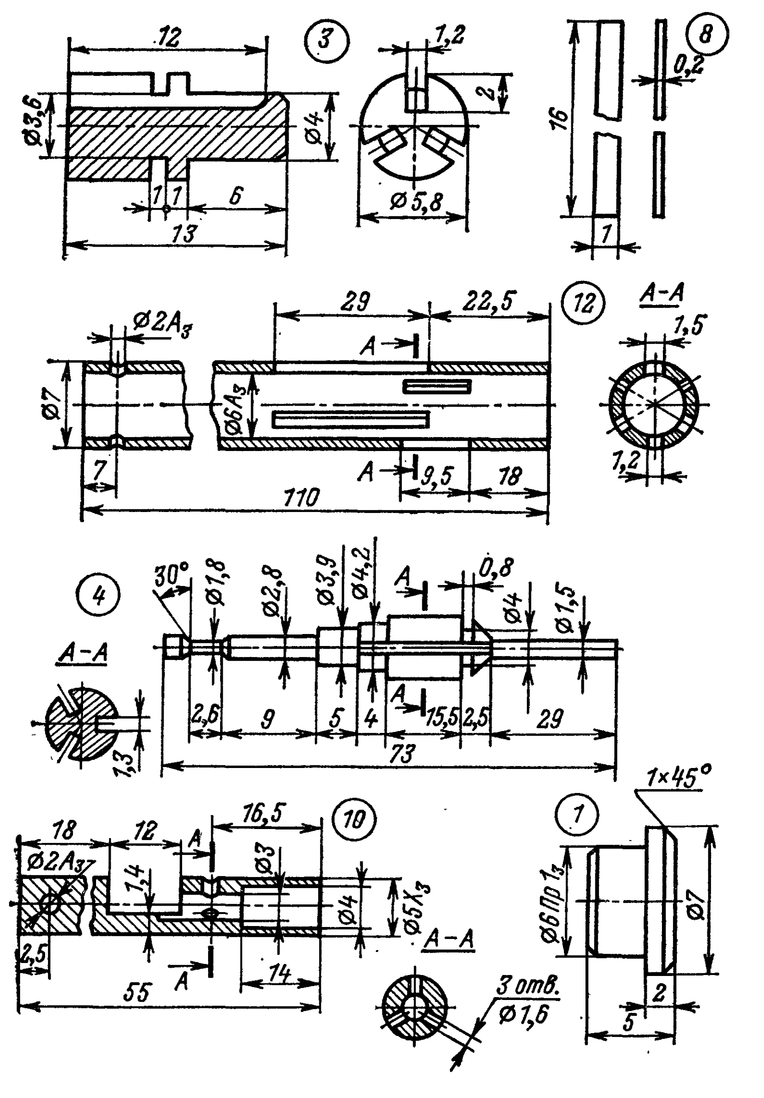
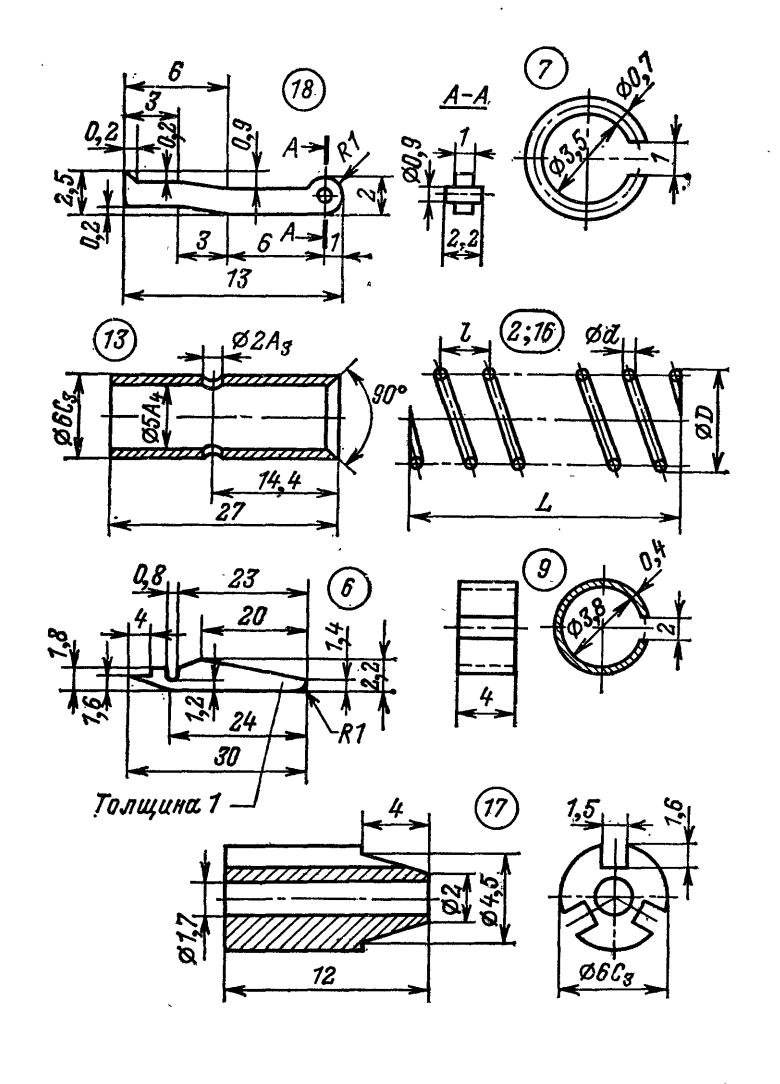


Рис. 25. Детали универсального узла сбрасывания.

1 — заглушка, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *2* — пружина, проволока шток, латунь ЛС-59-1, 1 шт.; *6* — спица, Ст20, лист 1, воронить, 3 шт.; *7* — лента 0,2, 3 шт.; *9* — кольцо, СтА12, лента 0,4, 1 шт.; *10* — толкатель, Ст3, Л-62, снаружи полировать, хромировать, 1 шт.; *13* — гильза, Ст3, воронить, штифт, проволока Ø 2Пр1з длиной 9 мм, 1 шт.; *16* — пружина, проволока *18* — отсекатель, Ст20, воронить, 3 шт.



1-0,5; *L*-18, *l*-3,5, *d*-0,5, *D*-5,5, 1 шт.; *3* — обойма, латунь ЛС-59-1, 1 шт.; *4* — кольцо пружинное, проволока 1-0,7; 1 шт.; *8* — пружина плоская, Ст65Г, воронить, 1 шт.; *11* — шарик ⌀ 1,5 мм, 3 шт.; *12* — трубка шпинделя, латунь 1 шт.; *14* — штифт, проволока ⌀ 2Пр1_3 длиной 9 мм, воронить, 1 шт.; *15* — 1—0,2; *L*-16, *l*-1,8, *d*-0,2, *D*-3,5, 1 шт.; *17* — вкладыш, латунь ЛС-59-1, 1 шт.;

Рис. 26. Узел сбрасывания, смонтированный в коленчатой оси шпинделя.

а — исходное положение механизма; *б* — сбрасывание пластинки на диск; *в* — упрощенный механизм сбрасывания; Δl — ход шарика в момент сбрасывания.

Рис. 27. Сбрасывание пластинок на диск.

а — исходное состояние системы; *б* — момент сбрасывания (рычаг сбрасывания сдвинул нижнюю пластинку стопки в крайнее правое положение, пластинка готова соскользнуть по шпинделю на диск); *в*, *г* — съем стопки пластинок со шпинделя.

шпинделя, следует принимать особые меры для его надежного крепления. К сказанному надо добавить еще возможность утери съемного шпинделя при транспортировке ЭПУ или в процессе его эксплуатации.

От этого недостатка свободен узел, показанный на рис. 27. Пластинки одеваются стопкой на верхний конец шпинделя *5* и удерживаются на нем при помощи среза.

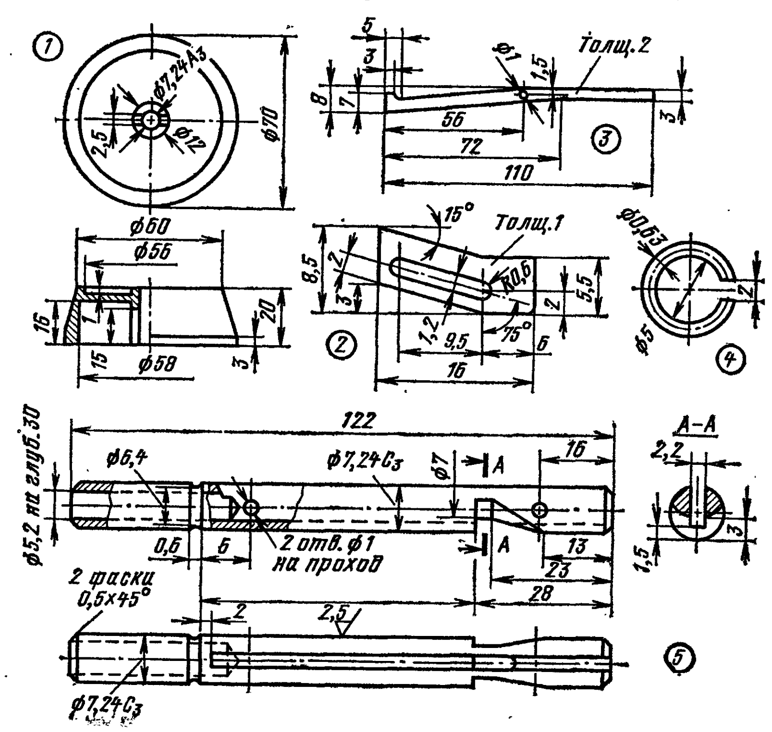


Рис. 28. Детали узла сбрасывания пластинок.

1 — стабилизирующая шайба, сплав Д16Т, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *2* — планка подвижная, Ст3, лист 1, воронить, 2 шт.; *3* — рычаг сбрасывания, Ст3, лист 2, воронить, 1 шт.; *4* — кольцо запорное, проволока КI ⌀ 0,63 мм, воронить, 1 шт.; *5* — шпиндель, Ст45, снаружи полировать и хромировать, 1 шт.

ваются на нем при помощи среза. При этом в отверстие нижней пластинки входит головка рычага *3* (вал рычага *4*). Если рычаг сдвинуть вправо, пластинка переместится до совмещения ее центрального отверстия со шпинделем *5*. Потеряв опору, пластинка соскальзывает вниз на диск (рис. 27, *б*). Под действием возвратной пружины рычаг *3* возвращается в исходное положение, и стопка пластинок «оседает» вниз до упора на шпинделе. Головка рычага *3* оказывается в отверстии следующей пластинки и цикл сброса может быть повторен. Для того чтобы стопка пластинок на оси *5* не перекашива-

лась и принимала устойчивое горизонтальное положение, имеется стабилизирующая шайба *1*. Под действием своей массы она плотно, всем торцом лежит на стопке пластинок. Направляющей для стабилизирующей шайбы *1* является верхняя цилиндрическая часть шпинделя *5*. Поэтому торцовая поверхность шайбы всегда строго параллельна плоскости диска ЭПУ, удерживая в таком положении и стопку пластинок.

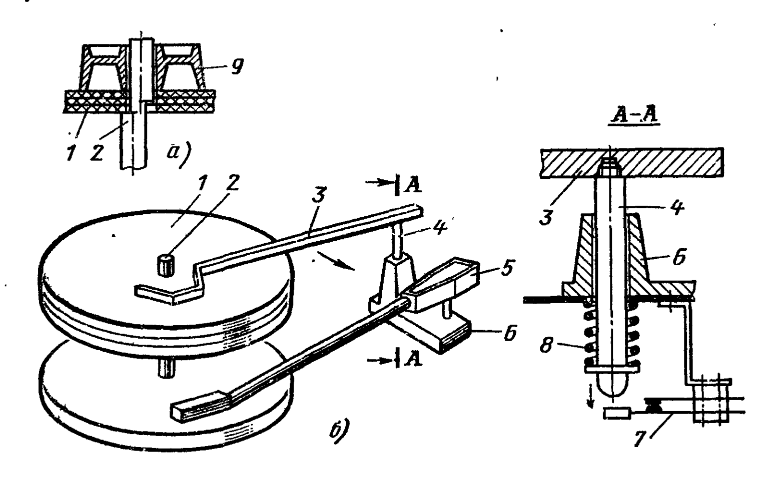


Рис. 29. Устройства стабилизации пространственного положения пластинок.

а — простейший механизм стабилизации; *б* — установка стабилизирующего рычага; *1* — стопка пластинок на шпинделе ЭПУ; *2* — шпиндель; *3* — стабилизирующий рычаг; *4* — вал стабилизирующего рычага; *5* — звукосниматель; *6* — обойма для крепления к ЭПУ звукосиимателя и стабилизирующего рычага; *7* — контактная группа; *8* — пружина стабилизирующего рычага; *9* — стабилизирующая шайба.

Важную роль играет подвижная планка *2*. Как и рычаг *3*, она находится в пазу, проходящем через шпиндель *5*. Планка *2* под действием массы пластинок опускается, препятствуя произвольному их смещению вправо и падению на диск. Только нижняя пластинка стопки не имеет контакта с этой планкой и может смещаться в горизонтальной плоскости под действием рычага сбрасывания *3*. В то же время планка *2* не мешает снятию пластинок со шпинделя *5* независимо от того, находятся ли они на диске ЭПУ или на верхнем конце шпинделя *5*. В самом деле, если на планку *2* надавить снизу вверх (рис. 27, *в*), она поднимается и пластинки легко снимаются со шпинделя *5* (рис. 27, *г*). При этом рычаг *3* утапливается в паз шпинделя *5*.

Чертежи деталей описанного выше шпинделя показаны на рис. 28.

Узлы сбрасывания, аналогичные представленным на рис. 26, обладают еще одним весьма существенным недостатком: пластинки, лежащие на уступе шпинделя, практически имеют опору только в

одной точке, поэтому они перекашиваются на нем и устанавливаются под горизонтальным углом к плоскости диска ЭПУ. В таком положении сбрасывание их на диск невозможно.

Для стабилизации положения пластинок над диском приходится принимать специальные меры. На рис. 29 показаны различные варианты конструктивного решения этой проблемы. Наиболее простое устройство стабилизации состоит из шайбы (рис. 29, *а*), надеваемой поверх стопки пластинок. Шайба имеет достаточно большую поверхность охвата верхнего конца шпинделя, поэтому ее торец постоянно находится в плоскости, параллельной диску ЭПУ. Это же положение вынуждены принять и лежащие под шайбой пластинки.

Более сложное устройство показано на рис. 29, *б*. Положение пластинок в этом механизме устанавливается так называемым стабилизирующим рычагом. Рычаг ложится поверх стопки пластинок, касаясь их в двух-трех точках, и удерживает пластинки параллельно плоскости диска ЭПУ. По мере опускания стопки вниз по шпинделю опускается и стабилизирующий рычаг. После сбрасывания последней пластинки на диск вал рычага надавливает на контакты, и ЭПУ отключается от источника питания. Таким образом, стабилизирующий рычаг выполняет еще и роль автоматического выключателя ЭПУ (аналогично устройству сбрасывания, показанному на рис. 24). Надо сказать, что стабилизирующие шайбы, рычаги и тому подобные устройства, находящиеся над панелью ЭПУ, снижают его эксплуатационные удобства из-за необходимости дополнительных операций при установке пластинок на автомат. Наличие на панели ЭПУ, кроме звукоснимателя, еще каких-либо рычажков ухудшает его внешний вид, поэтому в последнее время в промышленных автоматических проигрывателях стремятся стабилизировать положение пластинок над диском с помощью особых конструкций шпинделя (см. рис. 24).

АВТОСТОП

Механизм автостопа предназначен для отключения двигателя ЭПУ после окончания воспроизведения записи с пластинки. Одновременно с этим во избежание деформации резины фрикционный ролик в механизме передачи вращения на диск отводится от шкивов. В результате срабатывания автостопа во многих ЭПУ происходит закорачивание контактов звукоснимателя, а в ЭПУ II, I и высшего классов автостоп вздействует на механизм микролифта, поднимающий звукосниматель над пластинкой после окончания воспроизведения записи.

Автостоп срабатывает при выходе иглы звукоснимателя на выводную канавку пластинки. Весь механизм автостопа можно представить в виде следующих блоков (рис. 30): датчик угла поворота звукоснимателя (поводок *6*); чувствительное устройство стыковки привода ЭПУ с механизмом автостопа (рычаг *3*, защелка *18*, спусковой крючок *1*); исполнительные детали автостопа (шток микролифта *12*, планка *15*, контакты *13*, *14*, возвратный рычаг *4*, пружина возврата рычага *5* и т. д.). К вспомогательным деталям автостопа относятся обойма тонарма *8*, вал тонарма *9*, возвратная пружина микролифта *11*, пружина защелки *16* и ось защелки *17*.

Относительная сложность автостопа объясняется тем, что невозможно осуществить непосредственную передачу между поводком

звукоснимателя и исполнительным механизмом ввиду очень малого усилия взаимодействия иглы звукоснимателя с канавкой пластинки. Поэтому в качестве привода для исполнительного механизма автостопа используется вращающий момент диска ЭПУ. Чем ближе к оси диска точка контакта исполнительного механизма с диском ЭПУ, тем большая сила воздействует на механизм автостопа. Этот факт необходимо учитывать при создании автостопа автоматического ЭПУ

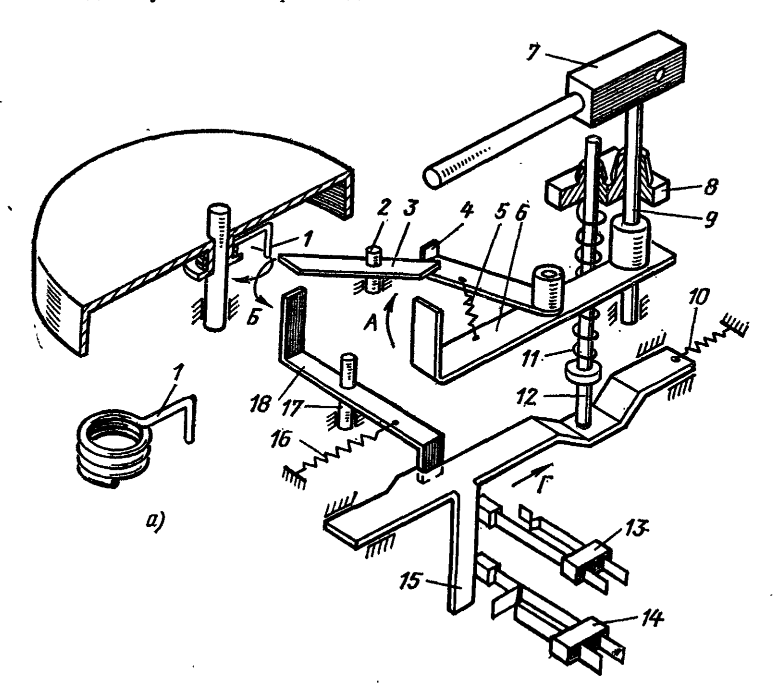


Рис. 30. Кинематическая схема автостопа.

с многоцелевыми исполнительными системами, для привода которых требуется значительное усилие.

Наиболее распространенная система автостопа выполняется по кинематической схеме, изображенной на рис. 30. На втулку диска ЭПУ надевают спусковой крючок *1*, изготовленный из достаточно толстой пружинной проволоки (0,8—1 мм). Благодаря правильному выбору направления навивки (рис. 30, *а*) такой спусковой крючок амортизирует ударную нагрузку на детали автостопа в момент вступления с ними в контакт и тем самым уменьшает износ механизма.

На вал *2* свободно посажен рычаг *3*. При выходе звукоснимателя на выводную канавку пластинки поводок *6*, жестко укрепленный на валу тонарма, сдвигает рычаг *3* в направлении стрелки *А*. Противоположный конец этого рычажка устанавливается на пути спуско-

вого крючка *1*, который разворачивает рычажок по стрелке *Б*. Во время разворота рычажок *3* упирается в защелку *18*, отпускающую планку *15*. При этом планка сдвигается в направлении стрелки *Г* и поднимает шток *12*. Шток упирается в тонарм *7* и поднимает над пластинкой звукосниматель. Одновременно с этим планка *15* размыкает контакты *14* в цепи питания электродвигателя ЭПУ и замыкает накоротко контакты *13* в цепи звукоснимателя. Эта же планка воздействует на тягу, отводящую фрикционный ролик в механизме вращения диска ЭПУ (этот узел на рис. 30 не показан).

Для нового включения ЭПУ необходимо, преодолев усилие пружины *10*, оттянуть планку *15* в исходное положение.

Такое конструктивное решение механизма автостопа не единственное и не самое простое. Однако оно наиболее полно иллюстрирует работу автостопа.

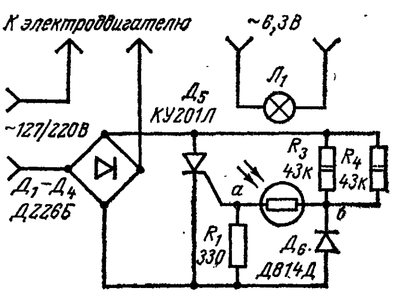


Рис. 31. Принципиальная схема бесконтактного электронного автостопа (по Л. Стасенко).

Современные высококачественные ЭПУ нередко оснащаются электронным или электромеханическим автостопом. Очень простой и надежный в работе автостоп можно выполнить с применением геркона КМ-2А. Геркон при помощи клея или немагнитной скобы укрепляют на изоляционной прокладке к лицевой панели ЭПУ вблизи от вертикальной оси тонарма. Магнит размером 5×5×5 мм [1] на легком кронштейне крепится к тонарму. Опытным путем выбирают расстояние между герконом и магнитом, добиваясь четкого срабатывания геркона в момент, когда магнит оказывается над ним. При замыкании контактов геркона включается исполнительное реле, которое отключает электродвигатель ЭПУ и включает микролифт тонарма. Срабатывание геркона должно происходить тогда, когда звукосниматель оказывается на выводных канавках пластинки.

Если в распоряжении радиолюбителя не окажется геркона, можно собрать автостоп с использованием фотореле по схеме рис. 31. Двигатель ЭПУ включен в сеть через мост на диодах $Д_1$—$Д_4$, в одну диагональ которого установлен тиристор КУ201Л. Чувствительным элементом устройства является фоторезистор R_2 (ФСК-1, ФСК-П1, СФ2-5 или СФ2-6) с теневым сопротивлением не менее 500 кОм и сопротивлением на свету 800 Ом [2]. Для освещения используют лам-

---

[1] Размеры не играют существенной роли. Может быть использован, например, осколок магнита от громкоговорителя. Магнит и кронштейн, которым он крепится к вертикальному валу тонарма, не должны создавать излишние нагрузки на подшипники тонарма и снижать его подвижность.

[2] Фоторезистор можно заменить самодельным фототранзистором. Для этого у обычного транзистора МП39—МП41 со стороны эмиттера аккуратно спиливают часть корпуса, а отверстие заклеивают прозрачной кинопленкой. Эмиттер подключают к точке *б*, коллектор — к точке *а*. Вывод базы не используется.

почку МН 3,6-0,28, которую вместе с фоторезистором помещают в светонепроницаемый кожух. Внутренние стенки кожуха окрашены в черный цвет. В нем имеется щель для прохода светонепроницаемой заслонки, укрепленной на тонарме. При перекрытии заслонкой светового потока устройство срабатывает и двигатель ЭПУ отключается.

Схема на рис. 31 отличается отсутствием механических контактов, что повышает надежность устройства.

Существуют более сложные электронные автостопы, выполняющие несколько функций. С их описанием и устройством можно ознакомиться в [4].

АМОРТИЗАЦИЯ УЗЛОВ ЭПУ

Основным источником вибрации в ЭПУ является его электродвигатель. Как бы тщательно мы не балансировали его ротор, избежать вибрации нам не удастся. Вибрации после передачи через панель ЭПУ, валы тонарма и диска к игле звукоснимателя прослушиваются в виде рокота. По нормам ГОСТ 18631-73 относительный уровень рокота, измеренный со взвешивающим фильтром, должен быть не хуже — 60 дБ для ЭПУ высшего класса и — 46 дБ для ЭПУ I класса. Добиться таких показателей очень трудно.

Прежде всего электродвигатель должен крепиться в ЭПУ на амортизаторах (рис. 32). В простых проигрывателях достаточно укрепить электродвигатель при помощи резиновых втулок (рис. 32, *а*), изолирующих двигатель от панели ЭПУ. Лучшую развязку можно получить, применяя комбинированный амортизатор, состоящий из витой металлической пружины и резиновой прокладки (рис. 32, *б* и *г*). Конструкция, показанная на рис. 32, *б*, предназначена для крепления малогабаритного электродвигателя постоянного тока. Амортизация сетевого электродвигателя иллюстрируется рис. 32, *г*.

В высококачественных электропроигрывателях применяют сложную систему развязки двигателя от иглы звукоснимателя. Прежде всего рекомендуется крепить двигатель не на панели ЭПУ, на которой укреплены диск и тонарм, а непосредственно в корпусе электропроигрывателя (рис. 32, *в*). Двигатель может быть укреплен на скобе при помощи системы амортизаторов, показанных на рис. 34, *г*. Скоба жестко устанавливается на массивном основании, которое через резиновую прокладку закрепляется в корпусе электропроигрывателя.

Панель ЭПУ устанавливают в корпус на амортизаторах. Электродвигатель связан с диском ЭПУ при помощи эластичного пассика из резиновой смеси.

В некоторых зарубежных ЭПУ высшего класса используют особую конструкцию крепления вала диска на панели электропроигрывателя. Практическое осуществление такой конструкции показано на рис. 33. Вал *1*, на котором запрессован диск ЭПУ, вращается в двух опорах — нейлоновых конусных втулках *2* и *7*. Втулки крепят к корпусу *4* при помощи металлических гофрированных мембран *3*[1],

[1] Можно использовать мембраны манометров. Для изготовления колец *3*, *7* и прокладки *6* можно применить капрон, фторопласт. Конические шейки вала *1* длиной 10 мм должны быть обработаны до частоты поверхности не ниже 0,63.

Опорой вала 1 является нейлоновая прокладка 6, гасящая вертикальную составляющую вибрации. Прокладка 6 впрессовывается в винт 5. Размер l между плоскостью крепления гофрированных мембран выбирается таким, чтобы втулки 3 и 7 охватывали конусные шейки вала 1 без зазора. Обычно этот размер находится в пределах 45—50 мм. Все механические вибрации панели ЭПУ демпфируются мембранами 3.

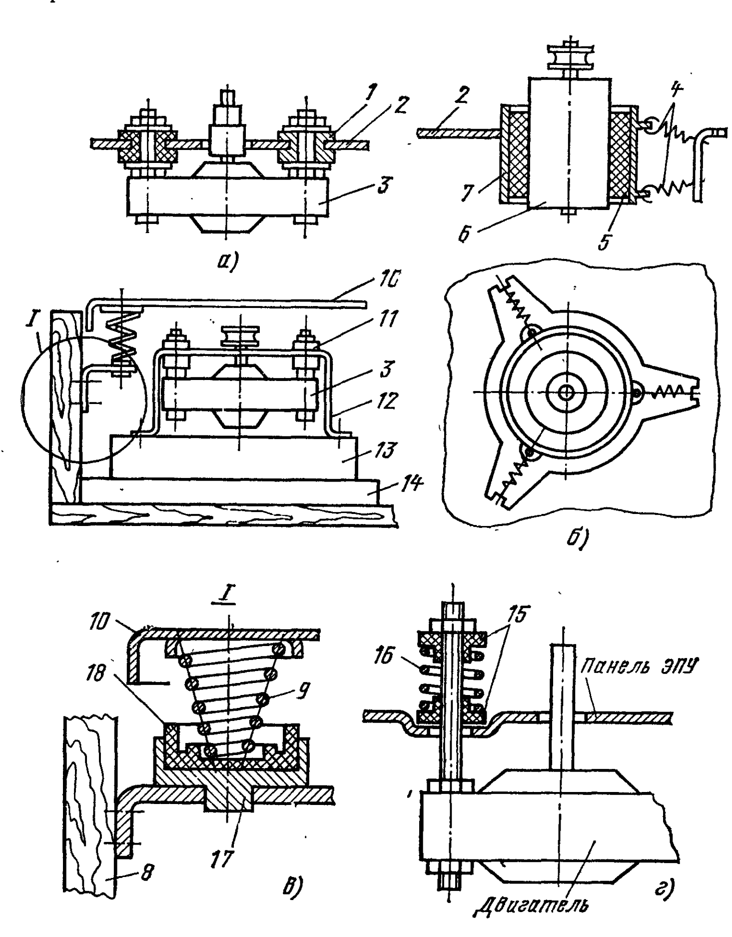


Рис. 32. Амортизация электродвигателя в ЭПУ.

1 — резиновые амортизационные втулки; 2 — панель ЭПУ; 3 — двигатель; 4 — пружинные растяжки; 5 — прокладка из губчатой резины; 6 — двигатель; 7 — стакан; 8 — корпус ЭПУ; 9 — амортизатор панели ЭПУ; 10 — панель ЭПУ; 11 — резиновая втулка-амортизатор; 12 — скоба; 13 — массивное основание; 14 — прокладка из губчатой резины; 15 — резиновая шайба; 16 — пружина; 17 — металлический или пластмассовый стакан; 18 — резиновый амортизатор.

Значительное ослабление вибрационных помех можно достичь применением «слоеной» конструкции панели ЭПУ. При таком способе по данным [14] уровень помех от вибрации удается снизить до —59 дБ. Конструкция представляет собой древесно-стружечную плиту (ДСП), к которой с двух сторон приклеены металлические панели. Сверху приклеивают декоративную панель, а снизу — силовую панель ЭПУ, на которой крепят механизмы электропроигрывателя (кроме электродвигателя). Во всех случаях поворотный узел тонарма необходимо устанавливать на панели ЭПУ через демпфирующую прокладку из резины или плотного фетра.

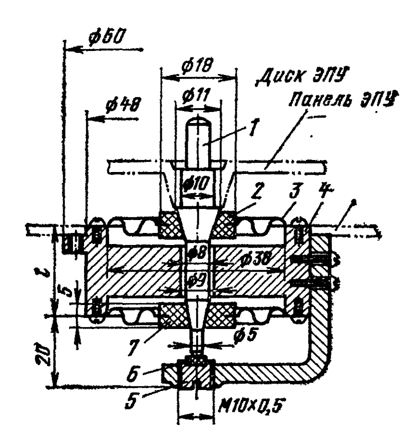


Рис. 33. Виброзащитная конструкция вала диска ЭПУ.

Только применяя различные по сложности амортизирующие устройства, а в ряде случаев весь комплекс показанных решений, удается снизить помехи от вибраций до требуемых норм.

Как указывалось выше, панель ЭПУ устанавливают в корпус на амортизаторах. Нельзя забывать, что статическая масса механизмов, укрепляемых на панели, распределяется неравномерно. Это приводит к неравномерной нагрузке на амортизаторы, перекосу панели. Перегруженные амортизаторы работают хуже и при сильных вибрационных помехах, особенно ударного характера (могут возникнуть инерционные колебания, передающиеся головке звукоснимателя). Поэтому необходимо стремиться к равномерному распределению на панели статических масс устанавливаемых механизмов с тем, чтобы центр тяжести собранного ЭПУ проходил через ось диска. Если этого добиться нельзя, то на перегруженный край панели следует установить более сильные амортизаторы.

ЗВУКОСНИМАТЕЛИ И ТОНАРМЫ

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВУКОСНИМАТЕЛЕЙ

Звукосниматель — это прибор, предназначенный для воспроизведения механической звукозаписи, содержащий головку звукоснимателя и тонарм. Головка звукоснимателя представляет собой преобразователь механических колебаний иглы в электрические сигналы.

В качестве преобразователей используют различные системы, принципиально отличающиеся друг от друга. Однако все они должны обладать определенными параметрами [17]: чувствительностью, частотной характеристикой и т. д. Кроме того, к преобразователям стереофонического типа предъявляют требования к рассогласованию каналов по ходу частотных характеристик и разделения каналов.

Чувствительность звукоснимателя — это значение напряжения, измеренное на нагрузке 1 МОм (47 кОм для магнитного звукоснимателя) при воспроизведении сигнала с частотой 1000 Гц и отнесенное к амплитуде колебательной скорости 1 см/с. Чувствительность пьезоэлектрических звукоснимателей составляет 70^{+70} мВ/см/с. Магнитные звукосниматели обладают значительно меньшей чувствительностью — $0{,}7^{+1{,}0}$ мВ/см/с.

Частотная характеристика звукоснимателя показывает выраженную в децибелах зависимость выходного напряжения звукоснимателя на номинальной нагрузке от частоты при воспроизведении сигналов, записанных с постоянной колебательной скоростью:

$$D = 20 \lg \frac{U}{U_{1000}} + D_п, \qquad (21)$$

где U — напряжение сигнала на измеряемой частоте; U_{1000} — напряжение сигнала на частоте 1000 Гц; $D_п$ — поправка для сигнала на измеряемой частоте, записанного с колебательной скоростью, отличающейся от скорости на частоте 1000 Гц.

Современные звукосниматели обеспечивают воспроизведение сигналов в диапазоне частот 20—20 000 Гц для ЭПУ высшего класса, 31,5 — 16 000 Гц — для ЭПУ I класса, 50—12 500 Гц — для ЭПУ II класса и 50—10 000 Гц — для ЭПУ III класса.

Прижимная сила звукоснимателя — это направленная вертикально сила, действующая через иглу на горизонтально расположенную немодулированную канавку. Для правильного воспроизведения информации игла звукоснимателя должна опираться на обе стенки звуковой канавки пластинки. Для пьезоэлектрического звукоснимателя прижимная сила не должна превышать 70 мН, а для магнитных звукоснимателей высшего класса — 20 мН (во многих образцах зарубежных магнитных звукоснимателей прижимная сила равна 7,5 мН). Соблюдение этих требований позволяет уменьшить износ пластинки и иглы. Но произвольное снижение прижимной силы звукоснимателя приводит к ухудшению условия огибания канавки иглой звукоснимателя, особенно при больших амплитудах записи.

Немаловажную роль в процессе верного воспроизведения информации с пластинки имеет гибкость механической системы звукоснимателя. Под гибкостью звукоснимателя понимают способность его подвижной системы перемещаться под воздействием силы, приложенной к острию иглы. Гибкость определяется отношением перемещения острия иглы к вызывающей его силе и выражается размерностью 1 м/Н (1 м/Н≈1000 см/дн). Монофоническая головка звукоснимателя должна обладать повышенной гибкостью в горизонтальном направлении, стереофоническая — в горизонтальном и вертикальном направлениях. В лучших образцах звукоснимателей гибкость головки выражается $30 \cdot 10^{-3}$ м/Н.

Разбаланс стереоканалов по чувствительности не должен превышать 2 дБ для головок высшего и I классов и 3 дБ — для головок II класса. Такие же значения установлены ГОСТ 18631-73 для рассогласования стереоканалов по ходу частотных характеристик в диапазоне частот 315—5000 Гц.

По типу преобразователя головки звукоснимателей разделяют на магнитные, пьезоэлектрические, оптические и емкостные полупроводниковые. В настоящее время наибольшее распространение получили пьезоэлектрические и магнитные преобразователи.

Принцип действия пьезоэлектрического звукоснимателя основан на использовании пьезоэффекта (возникновение электрических зарядов на гранях некоторых кристаллов при их деформации). Заряд прямо пропорционален деформации, вызванной иглой звукоснимателя, поэтому преобразователи с пьезоэлементами позволяют получать частотную характеристику, приближающуюся к стандартной характеристике воспроизведения. Пьезоэлементы отличаются большей отдачей, доходящей до 100 мВ и более, и большими значениями выходного сопротивления (до 1 МОм). Однако ввиду жесткости конструкции преобразователя пьезоголовки имеют меньшую гибкость, чем магнитные звукосниматели.

В преобразователях магнитной системы используют принцип получения э. д. с. в катушке при изменении магнитного потока, пронизывающего ее. Изменение магнитного потока происходит под влиянием колебаний иглы звукоснимателя.

Магнитные головки обладают большой гибкостью и низким выходным сопротивлением (47 кОм), но малой чувствительностью. Теоретически их частотная характеристика горизонтальна во всем диапазоне рабочих частот. В современных условиях, когда с помощью малогабаритных электронных устройств можно добиться большого коэффициента усиления при соответствующей коррекции частотной характеристики, на первый план выступает высокая гибкость магнитной системы. Этот факт очень важен в стереофонических звукоснимателях. Этим объясняется то внимание, которое уделяется совершенствованию систем магнитоэлектрических преобразователей.

В пьезоэлектрических звукоснимателях обычно применяют корундовые иглы, в магнитных звукоснимателях — корундовые и алмазные. Срок службы корундовых игл 100—120 ч, а алмазных — 500 ч и более.

Обычная игла круглого сечения (ее рабочий радиус равен 18 мкм) вносит искажения, вызванные неточным огибанием звуковой канавки. Эллиптическая игла (в сечении рабочая часть имеет форму эллипса, а рабочий радиус равен 5 мкм) более точно огибает звуковую канавку пластинки, так как форма иглы наиболее приближена к форме рабочей части резца рекордера. Эллиптическую иглу можно устанавливать только в звукосниматели, работающие с прижимной силой не более 0,015 Н. Это связано с тем, что эллиптическая игла по сравнению с обычной сферической (круглое сечение в рабочей части) имеет меньшую площадь контакта со стенками зву-

Таблица 8

Количество выводов	Назначение вывода (канал)	Номер вывода	Цвет провода (маркировка)
3	Левый Общий (земля) Правый	1 2 3	Белый Черный Красный
4	Левый Левый (земля) Правый Правый (земля)	1 2 3 4	Белый Синий Красный Зеленый

ковой канавки и при повышенной прижимной силе может возникнуть деформация пластинки. Эллиптические иглы изготовляют только из алмаза, а сферические — из корунда или алмаза.

Головка звукоснимателя в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК) должна быть прикреплена к тонарму с помощью двух винтов М2,5 (рис. 34). Расстояние между осями винтов 12,7 мм (1/2 дюйма). Расстояние между верхней плоскостью головки звукоснимателя и иглой 20 мм в рабочем положении. Расстояние от иглы звукоснимателя до оси крепежных винтов в рабочем положении должно составлять 9,5±±1 мм. Форма и расположение выводов не регламентируются. Маркировка и нумерация выводов должны соответствовать указаниям табл. 8.

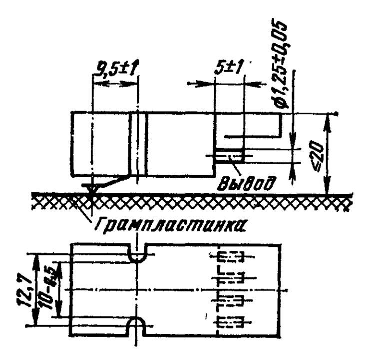


Рис. 34. Установочные размеры головки звукоснимателя (рекомендации МЭК).

При пятипроводном подключении пятый контакт — заземление, цвет провода (маркировка) — черный.

При разработке ЭПУ целесообразно применять готовую головку промышленного производства. Емкостная головка для самостоятельного изготовления описана в [3].

ТОНАРМ

Конструирование и изготовление тонарма — предмет особой заботы при создании ЭПУ высшего класса. Общеизвестно, что неправильно рассчитанный и плохо изготовленный тонарм или его подвеска существенно ухудшают качественные показатели головки звукоснимателя.

Тонарм — основной несущий узел звукоснимателя. На нем закрепляется головка звукоснимателя, через него проходят горизонтальная и вертикальная оси, обеспечивающие перемещение звукоснимателя в двух плоскостях и его правильное положение относительно звуковой канавки.

От чего зависят геометрические размеры тонарма? Таких факторов несколько. Как было отмечено выше, при записи рекордер передвигается от наружного края диска к центру строго по радиусу. При этом колебания резца происходят в направлении, перпендикулярном касательной к звуковой канавке в любой точке диска.

Тонарм можно рассматривать как рычаг, закрепленный в точке O' (рис. 35, *а*). Вследствие этого он перемещает головку звукоснимателя по дуге. Если через конец иглы и ось горизонтального смещения O' тонарма провести прямую $O'A_3$, то ее проекция на пластинку образует с касательной к звуковой канавке в точке контакта иглы некоторый угол Φ. Из рис. 35, *а* видно, что располагать головку звукоснимателя вдоль этой линии нельзя — ни в одной точке зоны записи ось колебательной системы звукоснимателя не совпадает с касательной к звуковой канавке.

В реальных конструкциях головку звукоснимателя укрепляют под некоторым углом β к прямой $O'A_3$. Угол β называется углом коррекции, и при правильно рассчитанных рабочей длине L и установочной базе d тонарма он обеспечивает в зоне записи наименьший угол между осью симметрии колебательной системы головки звукоснимателя и касательной к звуковой канавке. Этот угол α характеризует угловую погрешность тонарма. В разных точках зоны записи угол α различен, а в точках A_1 и A_2 он равен нулю. В этих точках ориентации подвижных систем звукоснимателя и рекордера совпадают. Во всех остальных точках звукосниматель за счет угловой погрешности воспроизводит фонограмму с искажением. Уменьшить угловую погрешность (угол α), значит снизить эти искажения.

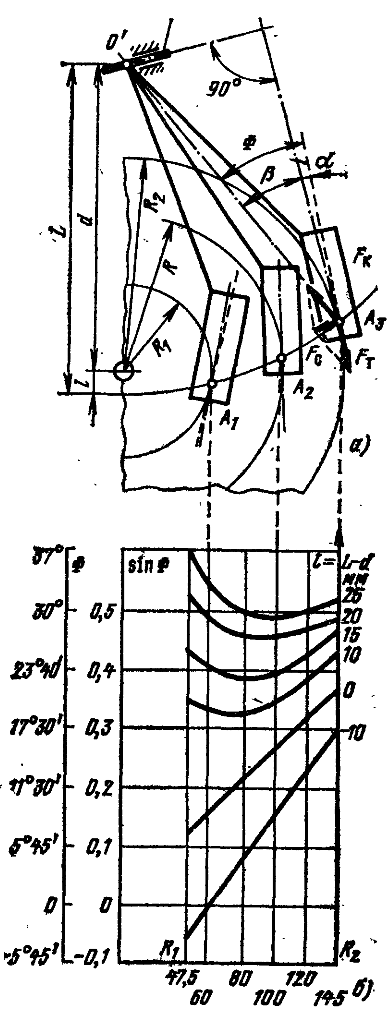


Рис. 35. Геометрические соотношения тонарма с пластинкой (к расчету конструктивных размеров тонарма).

Однако иа нелинейные искажения, вносимые тонармом, влияет не только правильный выбор угла коррекции β. Не меньшее значение имеют рабочая длина L тонарма и размер установочной базы d. Эти три величины — β, L и d — должны иметь оптимальные значения.

Диаграмма на рис. 35, *б* иллюстрирует это положение. Практически только одна кривая этой диаграммы, принадлежащая тонарму с $L=20$ см, $L-d=15$ мм и $\Phi=23°40'$, обеспечивает в зоне записи наименьшие угловые искажения.

Переходя к расчету тонарма, дадим определение некоторых его конструктивных элементов, которые мы уже упоминали. Рабочая длина L—это расстояние от вертикальной оси вращения тонарма O' до острия иглы (A_1—A_3). Установочная база звукоснимателя d—расстояние от вертикальной оси вращения тонарма O' до центра диска O.

В общем виде конструктивные элементы тонарма связаны следующим соотноше-

нием:

$$d^2 = L^2 + R^2 + 2RL \cos(90^\circ - \Phi), \tag{22}$$

откуда

$$\sin\Phi = \frac{L^2 - d^2 + R^2}{2}. \tag{23}$$

Семейство характеристик зависимости угла Ф и sin Ф от радиуса канавки R наглядно показывает влияние на угол Ф размера установочной базы d. Как видно из диаграммы, пределы изменения угла Ф можно снизить за счет подбора d. При малых значениях изменения Ф угловая погрешность α становится минимальной (при правильно выбранном угле коррекции β).

Опуская ряд теоретических выкладок, отметим, что

$$R_n = \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)^2 + 3R_1 R_2 + \frac{R_1 + R_2}{2}}, \tag{24}$$

где R_n — радиус звуковой канавки, в которой угол Ф имеет наименьшее значение; R_1 и R_2 — соответственно радиусы конечной и начальной звуковых канавок на пластинке.

Это соотношение используем для определения оптимальных размеров тонарма

$$L = \sqrt{d^2 + R_n^2}; \tag{25}$$

$$\sin\beta = \frac{R_1 R_n}{2L(R_1 + R_n)}\left[\left(\frac{R_n}{R_1}\right)^2 + 3\right]. \tag{26}$$

Как видно из вышеизложенного, при расчете оптимального тонарма установочная база d определяется конструктивными соображениями, в основном — это удобство работы при определенных форматах пластинки. По ГОСТ 18631-73 рекомендованы три значения для d: 175±2, 195±2 и 215±2 мм. Для расчета по формуле (24) конечный и начальный радиусы записи (R_1 и R_2) следует выбирать из табл. 1. Если предусматривают, в основном, воспроизведение классического репертуара, обычно записываемого на пластинках диаметром 300 мм, то R_1=60 мм, а R_2=146 мм. Тонармы ЭПУ повышенного качества рассчитывают при этих значениях R_1 и R_2.

Для прикидочного расчета величины β, L и d можно определить, воспользовавшись номограммой на рис. 36.

Тонармы звукоснимателей высшего класса имеют устройство, компенсирующее скатывающую силу. Возникновение скатывающей силы иллюстрируется рис. 35. При движении иглы по канавке пластинки возникает сила трения $F_т$, приложенная к концу иглы и направленная по касательной к звуковой канавке. Сила $F_к$, противодействующая трению, равна ей по значению и направлена от конца иглы в сторону к вертикальной оси тонарма. В результате векторного сложения этих двух сил возникает третья — сила скатывания $F_с$. Эта сила стремится развернуть тонарм в направлении к центру диска ЭПУ, прижимая иглу звукоснимателя к внутренней стенке канавки пластинки.

Опуская подробности расчета, отметим, что скатывающая сила

$$F_с = F_т \operatorname{tg}\Phi. \tag{27}$$

Сила трения

$$F_т = PK_т, \tag{28}$$

где P — прижимная сила звукоснимателя, Н; $K_т$ — коэффициент трения, равный для пары винилит — корунд 0,3.

Угол Ф выражается как алгебраическая сумма угла коррекции β и угла погрешности α:

$$\Phi = \beta + \alpha. \qquad (29)$$

Для большинства звукоснимателей скатывающая сила F_c составляет 5—10% прижимной силы. Столь малое значение скатывающей силы F_c не может существенным образом повлиять на неравномерный (односторонний) износ иглы и пластинки. Однако в

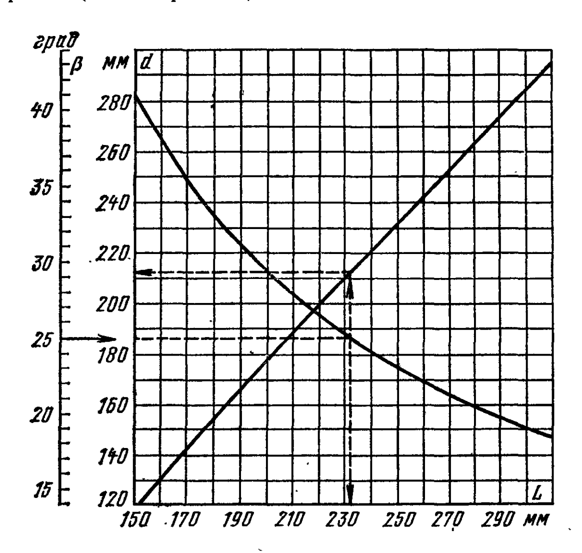


Рис. 36. Номограмма для упрощенного расчета тонарма. Пунктиром показана последовательность расчета для угла коррекции $\beta = 25°$.

высококачественных стереофонических устройствах скатывающая сила увеличивает разбалансировки каналов и является причиной повышенных искажений в правом канале вследствие недостаточного прилегания иглы к внешней стенке канавки пластинки. Поэтому тонармы таких ЭПУ снабжены компенсаторами скатывающей силы. Но надо учитывать тот факт, что компенсатор скатывающей силы имеет смысл лишь в том случае, когда трение в подшипниках вертикальной оси тонарма на порядок ниже значения скатывающей силы и составляет не более 1% значения прижимной силы звукоснимателя.

На рис. 37 показаны различные конструктивные решения механизмов компенсатора скатывающей силы. Все эти механизмы связаны с поворотным узлом тонарма, а нередко и монтируются в нем. Самый простой компенсатор скатывающей силы (рис. 37, *а*) состоит из грузика *6*, который тонкой эластичной шелковой нитью *5* связан с горизонтальным узлом поворота тонарма *1*. Нить перекинута че-

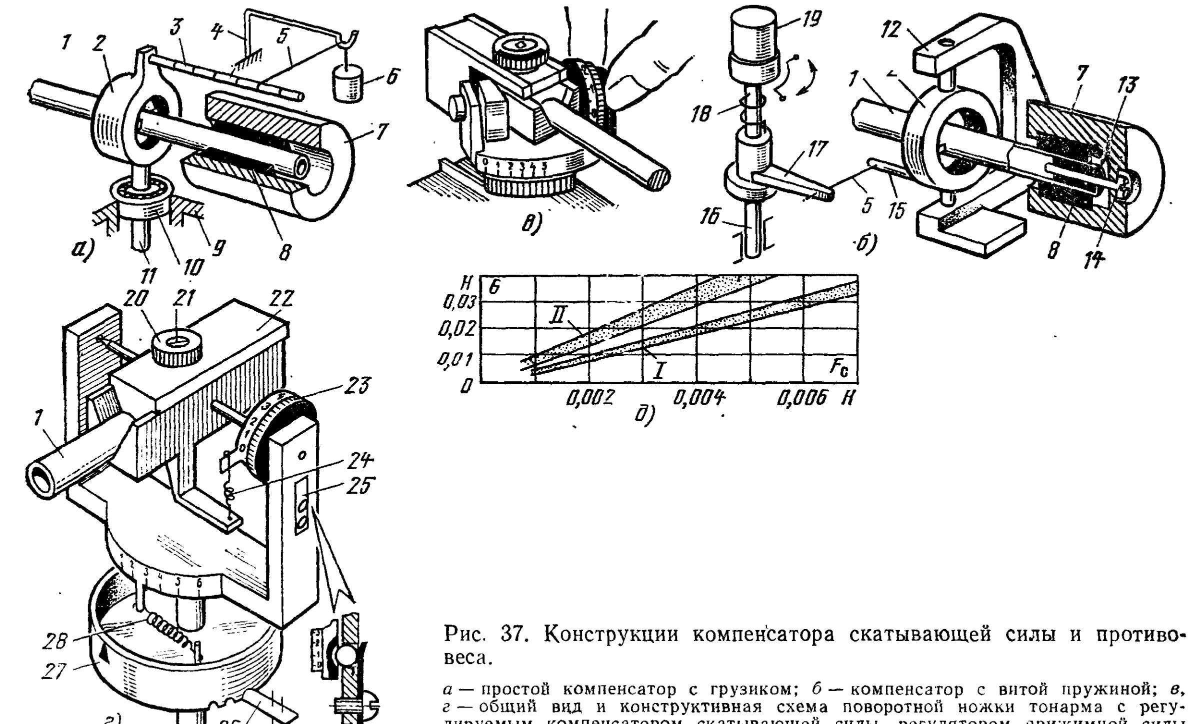


Рис. 37. Конструкции компенсатора скатывающей силы и противовеса.

а — простой компенсатор с грузиком; *б* — компенсатор с витой пружиной; *в, г* — общий вид и конструктивная схема поворотной ножки тонарма с регулируемым компенсатором скатывающей силы, регулятором прижимной силы звукоснимателя и устройством противовеса; *д* — номограмма зависимости скатывающей силы от прижимной для эллиптической (*I*) и сферической (*II*) игл.

рез полированный[1] крючок *4*, неподвижно закрепленный на панели ЭПУ. Конец нити *5*, оформленный в виде петли, одевается в неглубокие узкие кольцевые проточки, сделанные по всей длине стержня *3*. Последний прикрепляется к кольцу *2*, сидящему на вертикальном валу *11*. Этот вал вращается в шарикоподшипнике *10*, укрепленном в плате *9*. Передвигая нить *5* ближе или дальше от кольца *2*, мы изменяем плечо действия грузика *6*, а вместе с тем и противоскатывающую силу.

Такая конструкция компенсатора реализована в электропроигрывателе высшего класса «Электроника Б1-01», а также в ЭПУ многих зарубежных фирм.

Аналогичный принцип положен в основу конструкции, показанной на рис. 37, *б*. Усилие, компенсирующее действие скатывающей силы, создается за счет закрутки пружины *18*. Пружина одним концом закреплена на рычажке *17*, который свободно сидит на валу *16* с ручкой *19*. Второй конец пружины *18* закреплен на валу *16*. Рычажок *17* эластичной нитью *5* связан со стержнем *15* на кольце *2* горизонтального узла поворота тонарма (кронштейн *12*). Вращая ручку *19* в направлении знака «+», мы закручиваем пружину *18* и тем самым увеличиваем компенсирующую силу. Поворот ручки *19* в сторону знака «—» приводит к ослаблению действия компенсатора скатывающей силы. Ручку регулировки *19* укрепляют на лицевой панели ЭПУ, а весь механизм компенсатора (детали *5*, *16*, *17* и *18*) располагают под панелью ЭПУ.

Усилие, компенсирующее скатывающую силу в механизме, показанном на рис. 37, *г*, создается пружиной *28*, связанной с вилкой горизонтального узла поворота тонарма. Второй конец пружины закреплен на барабане *27*, который при помощи плоской пружины *26* может занимать фиксированные положения. При повороте барабана *27* изменяется сила растяжения пружины *28*, а вместе с тем и противоскатывающая сила. На рис. 37, *г* показаны вспомогательные детали: контргайка *20*, перемещаемая часть противовеса *22*, барабан *23* с фиксатором *25* и пружины фиксатора *26—28*. Такая конструкция позволяет оформлять поворотный узел тонарма со всеми регулировками в виде единого компактного блока. Однако практическое выполнение блока связано с большим объемом сложных механических работ.

Корпус тонарма выполняют в виде тонкостенной (толщиной 0,6—0,8 мм) трубки или швеллера с профилем переменного сечения. Тонарм может явиться источником весьма существенных частотных искажений в области низких и высоких частот звукового диапазона. Это происходит в результате возникновения механического резонанса при неправильно выбранных конструктивных решениях тех или иных узлов звукоснимателя. На частотах, близких к 400 Гц, может появиться торсионный резонанс, когда вследствие недостаточной жесткости тонарма происходит его скручивание вдоль продольной оси. Устранить это явление можно повышением жесткости конструкции. Снижению торсионного резонанса способствует и выбор профиля переменного сечения, который уменьшает опасность возникновения резонанса на низкой частоте. Источником низкочастотного резонанса

[1] Полировка поверхности крючка уменьшает силы трения нити о крючок и, таким образом, улучшает скольжение нити, т. е. повышает чувствительность компенсатора.

может быть малая масса тонарма. Причиной резонанса на частотах выше 400 Гц являются слишком тонкие стенки тонарма, люфт в поворотных опорах или малая механическая жесткость поворотных валов. Избавиться от вибраций этого рода удается путем заполнения внутренней полости тонарма древесной массой, вспенивающимся полистиролом ПСВ, увеличением толщины стенок несущих конструкций звукоснимателя.

К выбору массы тонарма следует подходить очень критически. Легкий тонарм может привести к низкочастотному резонансу, од-

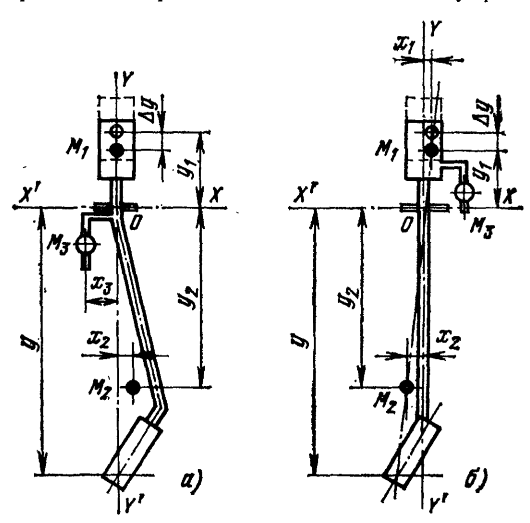


Рис. 38. Балансировка изогнутого (*а*) и прямого (*б*) тонарма.

нако тонарм с большой массой повышает инерционность системы, увеличивает нагрузки на поворотные опоры. С ростом инерционности тонарма на игле появляются переменные нагрузки при эксцентриситете звуковой канавки или при короблении пластинки. Слишком большие нагрузки на опоры тонарма снижают подвижность системы.

Тонарм должен быть тщательно сбалансирован относительно горизонтальной и вертикальной поворотных осей тонарма. Размещение балансировочных масс в изогнутом и в прямом тонарма (рис. 38) различно. В первом случае головка звукоснимателя и часть трубки тонарма до точки *О* имеют общий центр тяжести в точке M_2. Противовес имеет центр тяжести в точке M_1. Перемещая противовес вдоль оси YY' на Δy, можно уравновесить тонарм относительно оси XX'. Это произойдет при условии, если

$$M_1 y_1 = M_2 y_2. \qquad (30)$$

Центр тяжести части трубки тонарма и головки звукоснимателя, расположенный в точке M_2, не лежит на оси YY'. Момент $M_2 x_2$ стремится развернуть тонарм вокруг оси YY' в направлении по часовой

стрелке, если смотреть на торец звукоснимателя. Перекос, вызванный этим моментом, может привести к искажениям из-за несимметричного положения иглы звукоснимателя в звуковой канавке. Для устранения этого явления на тонарме размещают дополнительный противовес с массой M_3. Масса определяется из условия.

$$M_3 x_3 = M_2 x_2. \tag{31}$$

Тонарм будет сбалансирован в том случае, если выполняются равенства в выражениях (30) и (31).

Балансировка прямого тонарма аналогична (рис. 38, *б*). Отличие в конструкции вызывает несколько иное расположение дополнительного противовеса M_3.

Регулировку прижимной силы звукоснимателя производят небольшим разбалансом тонарма относительно оси XX'. Эту операцию не следует производить перемещением основного противовеса M_1, так как регулировку прижимной силы в небольших пределах трудно осуществить при помощи большой массы противовеса M_1. Как правило, прижимную силу устанавливают перемещением в направлении оси YY' дополнительного груза M_3.

Между корпусом тонарма *1* (см. рис. 37, *а*, *б*) и противовесом *7* прокладывается резина или фетр. Такой демпфер необходим для устранения резонанса на низких частотах. Противовес на тонарме закрепляется стопорным винтом *21* (рис. 37, *г*), который должен обязательно упираться в демпфер. На рис. 37, *б* показан иной способ крепления противовеса *7*. Винт *14* вставлен в торец противовеса *7* и закреплен пружинным кольцом (оно на рисунке не показано), исключающим осевое перемещение относительно противовеса. При установке противовеса *7* на тонарм *1* винт *14* вворачивается в плотную резину *13*, вклеенную внутрь трубки тонарма. Вращая винт *14*, можно передвигать противовес вдоль тонарма. При этом массы тонарма и противовеса будут развязаны друг от друга благодаря демпфирующему действию резиновой прокладки *8* и резиновой заглушки *13*.

Представляется целесообразным располагать дополнительный грузик регулировки прижимной силы на основном противовесе. Таким образом, масса этого грузика автоматически будет развязана от тонарма демпферами противовеса. Конструктивно это можно осуществить несколькими способами. Один из них понятен из рис. 38, *б*: грузик M_3 размещается на стержне, закрепленном на противовесе M_1, и может передвигаться в направлении оси YY'. Роль регулятора прижимной силы может сыграть тонкостенный стальной стакан, надетый поверх противовеса *7* (рис. 37, *б* стакан не показан). При этом снаружи противовеса *7* и внутри надеваемого на него стакана должна быть сделана крупная или еще лучше многозаходная резьба. Стакан навинчивается на противовес, и резьба предохраняет его от самопроизвольного перемещения. Обязательным условием такой конструкции должно быть значительное различие массы противовеса и дополнительного груза.

Прижимная сила звукоснимателя может регулироваться и иным способом. В конструкции на рис. 37, *г* таким регулятором является пружина 24. Следует обратить внимание на направление действие пружины, которая поддерживает тонарм. При балансировке тонарм должен быть перегружен в сторону головки звукоснимателя. При срабатывании микролифта на подъем такой тонарм будет вести себя очень неустойчиво и микролифт будет его подбрасывать. Но при

подъеме тонарма над пластинкой пружина *24* не будет растягиваться, что очень существенно.

Регулировка прижимной силы звукоснимателя с помощью пружин широко распространена в тонармах для ЭПУ II—III классов.

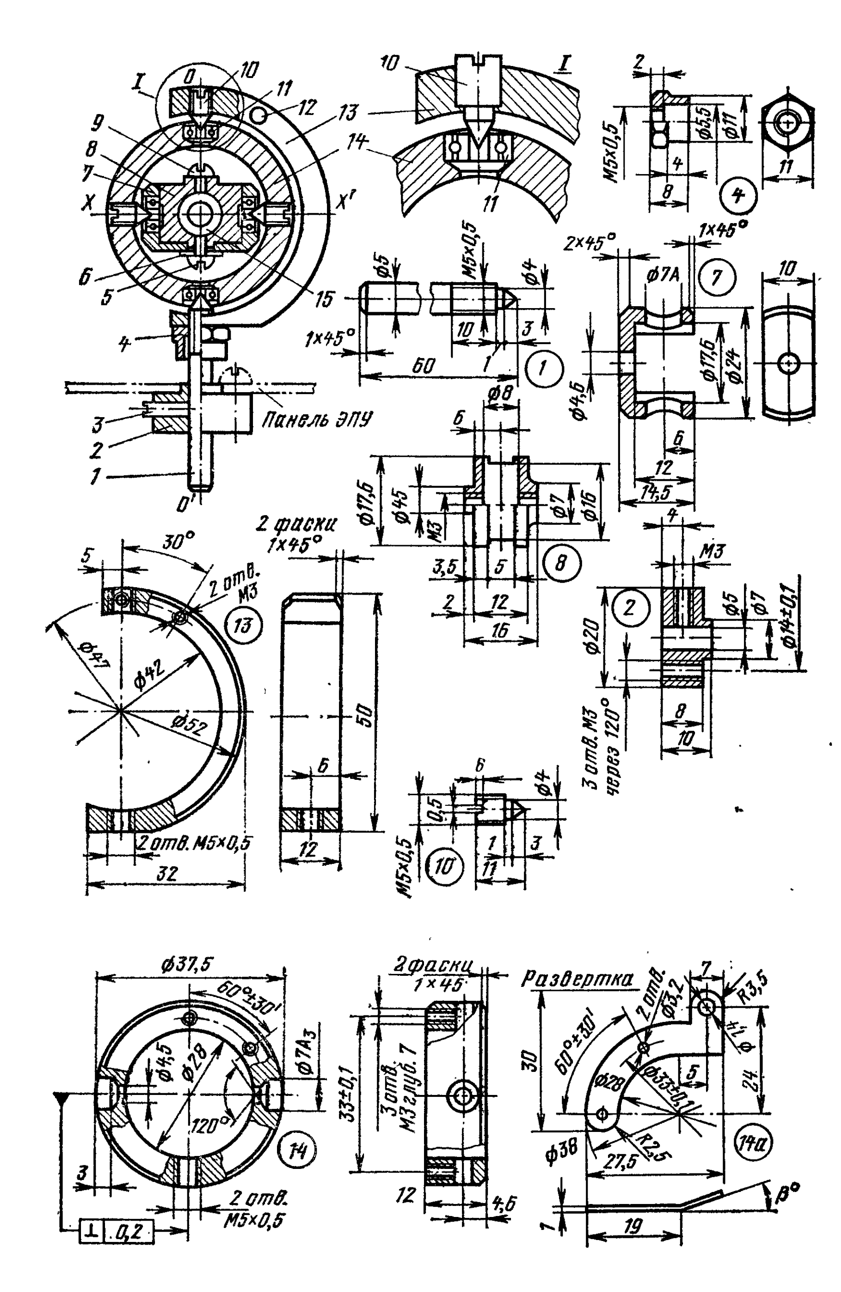
Головку звукоснимателя укрепляют на конце тонарма в специальной кассете. Как правило, кассету изготовляют из алюминиевого сплава. Она тонкостенна (0,5—0,8 мм) и за счет декоративной перфорации максимально облегчена. Внутри кассеты размещают разъем для подключения головки звукоснимателя. Головку укрепляют в кассете при помощи винтов в соответствии с рис. 34, или путем установки в специальные пазы (как это сделано в головке ГЗК-631Р на панели П-ЭПУ-52С). Кассеты крепят к тонарму жестко или допускают отсоединение от тонарма. В этом случае кассету и тонарм соединяют специальным разъемом, осуществляющим механическое и электрическое соединение кассеты с тонармом. Такое решение используют во многих зарубежных ЭПУ высокого класса и предназначают для быстрой смены головок, имеющих крепление по рекомендации МЭК (см. рис. 34).

Для предохранения иглы звукоснимателя от повреждения при транспортировке ЭПУ или во время хранения нередко применяют различные защитные колпачки и скобы, снимаемые на время воспроизведения. Однако съемные детали могут быть легко утеряны. Поэтому целесообразнее защитить иглу звукоснимателя легкой поворотной скобой, закрепленной на кассете тонарма.

В настоящее время существует большое количество различных конструктивных решений поворотных опор тонарма — от простейших валиков до сложных прецизионных систем. Назначение поворотных устройств тонарма состоит в обеспечении свободного перемещения звукоснимателя в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах определенных углов. Чем меньше прижимная сила звукоснимателя, тем большей должна быть подвижность в опорах. В противном случае механическое сопротивление в опорах будет служить причиной неравномерного огибания канавки иглой звукоснимателя, а это явится источником искажений. Например, для стереофонических ЭПУ сила трения в опорах не должна превышать 0,1—0,5 мН. Чтобы уменьшить влияние на тонарм внешних толчков, вертикальная и горизонтальная оси тонарма должны располагаться в центре тяжести тонарма. Если это условие не выполнено, то при эксплуатации панель ЭПУ необходимо будет располагать строго горизонтально, что не всегда выполнимо.

На рис. 39 показана конструкция поворотного узла высококачественного тонарма. Трубка тонарма *15* винтом *9* закреплена в корпусе (детали *7* и *8*). В него вставлены два шарикоподшипника. Собранный корпус располагается строго симметрично внутри кольца *14*. Удерживают его в кольце два винта *10*, которые конусами входят во внутренние обоймы шарикоподшипников. В свою очередь кольцо *14* располагается соосно скобе *13* и закрепляется в таком положении винтом *10* и валом *1*. Конусы винта *10* и вала *1* входят во внутренние обоймы шарикоподшипников *11*. Скоба *13* крепится к валу *1* гайкой *4*.

Вал *1* вставляется во втулку *2*, прикрепленную к панели ЭПУ. Высота горизонтальной оси *XX'* поворотного узла тонарма устанавливается перемещением вала *1* во втулке *2* и фиксируется стопорным винтом *3*. Подшипники, расположенные в корпусе тонарма, обеспечивают подвижность системы вокруг горизонтальной оси *XX'*, а



I
0
10
11
12
13
14
9
8
7
X
X'
6
5
15
4
3
2
1
0'
Панель ЭПУ
ф5
М5×0,5
ф4
1×45°
10
3
1
60
1
2
М5×0,5
ф5,5
ф11
4
8
4
11
2×45°
1×45°
ф7А
7
10
ф4,6
ф17,6
ф24
6
12
14,5
ф8
6
ф17,6
ф45
М3
ф7
ф16
3,5
5
8
2
12
16
2 фаски 1×45°
30°
5
2 отв. М3
13
ф47
ф42
ф52
2 отв. М5×0,5
32
50
6
12
4
М3
2
ф20
ф5
ф7
ф14±0,1
3 отв. М3 через 120°
8
10
6
ф4
0,5
М5×0,5
1
3
11
10
ф37,5
60°±30'
ф4,5
ф28
ф7А3
120°
3
14
2 отв. М5×0,5
0,2
2фаски 1×45
33±0,1
3 отв. М3 глуб. 7
12
4,6
Развертка
7
2 отв. ф3,2
R3,5
30
60°±30'
ф14
ф28
ф33±0,1
5
24
ф38
R2,5
27,5
14а
1
19
В°

подшипники в кольце *14* образуют вертикальную ось тонарма *OO'*. Большинство тонармов высококачественных ЭПУ различных фирм изготовлены по такому принципу и отличаются в деталях конструкции.

Технологически трудно обеспечить безлюфтовую посадку четырех шарикоподшипников поворотного узла. Недопустимы не только люфт, но и перетягивание подшипников. Известные трудности вызывает соосная расточка глухих гнезд при сохранении посадочных допусков по II классу и соосности ±0,02 мм. Кроме того, для работы в поворотном узле тонарма необходимы дорогостоящие прецизионные шарикоподшипники особо легкой серии.

Решить эти проблемы в любительских условиях сложно. Конструкция, предложенная автором на рис. 39, позволяет простыми средствами выполнить высококачественный поворотный узел тонарма.

Корпус для крепления тонарма составной. Трубка тонарма *15* закрепляется во втулке *8*, а шарикоподшипники — в вилке *7*. Отверстия под подшипники сверлят сквозными за одну установку сверлом чуть меньшего диаметра, чем диаметр шарикоподшипника. После этого отверстие обрабатывают разверткой. Втулку *8* и вилку *7* стягивают винтом *5* через шайбу *6*. Боковая стенка втулки *8* становится упором для наружной обоймы шарикоподшипника, который запрессовывают в вилку *7*. Внутренняя обойма шарикоподшипника не касается втулки *8*, так как в ней сделана специальная проточка.

Гнезда под подшипники в кольце *14* выполняют иначе. Сначала в кольце в противоположных стенках по диаметру сверлят два отверстия, которые на 1,5—2 мм меньше посадочного размера шарикоподшипника. Отверстия рассверливают сверлом на глубину, равную высоте шарикоподшипника. Диаметр сверла должен в точности соответствовать посадочному диаметру подшипника. Вставленный в такое гнездо подшипник[1] наружной обоймой упирается в конусную фаску отверстия (рис. 39, вид *I*) и центрируется в гнезде. Конусный наконечник винта *10* обеспечит центровку подшипника по внутренней обойме.

Таким образом, шарикоподшипник оказывается зажатым между двумя конусами, которые и обеспечат ему безлюфтовую посадку в

---

[1] Перед установкой в гнездо наружную обойму подшипника необходимо аккуратно смазать клеем БФ-2, предварительно обезжирив склеиваемые поверхности. Попадание клея на шарики недопустимо.

Рис. 39. Поворотный узел тонарма для высококачественного звукоснимателя.

1 — вертикальный вал, СтА12; хромировать, 1 шт.; *2* — втулка, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *3* — винт стопорный М3×10, 1 шт.; *4* — гайка специальная, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *5* — винт М3×4, 1 шт.; *6* — шайба 3, 1 шт.; *7* — вилка, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *8* — втулка, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *9* — винт М3×4, 1 шт.; *10* — винт, СтА12, цинковать, 3 шт.; *11* — шарикоподшипник № 1.000.083 (наружный диаметр — 7 мм, внутренний диаметр — 3 мм, высота — 2,5 мм), 4 шт.; *12* — стержень, СтА12, хромировать, 2 шт.; *13* — скоба, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *14* — кольцо, сплав Д16Тв, полировать, 1 шт.; *15* — трубка тонарма, сплав Д16Тв.

гнезде и хорошую центровку. Поворачивая винт *10* в резьбе, выбираем люфт в самом шарикоподшипнике до требуемой степени. Винты *10* необходимо законтрить краской. В таком состоянии узел оставляется на сутки, чтобы дать возможность высохнуть клею.

Конструкция и технология изготовления описанного поворотного узла позволяют создать тонарм для ЭПУ высшего класса. Некоторые фирмы вместо шарикоподшипников применяют игольчатые опоры на камнях (как в часовых механизмах).

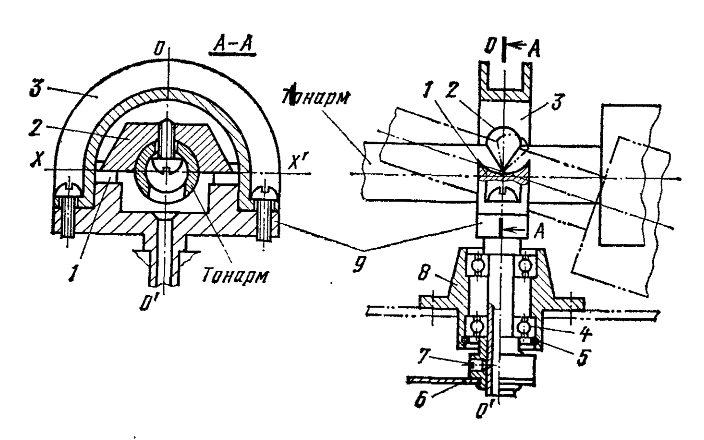


Рис. 40. Поворотный узел тонарма на ножевых опорах.

1 — подушка опоры; *2* — нож; *3* — предохранительно-запорная скоба; *4* — шарикоподшипник вертикального вала; *5* — запорное пружинное кольцо; *6* — светонепроницаемая заслонка фотореле автостопа; *7* — стопорный винт крепления заслонки; *8* — обойма подшипников вертикального вала; *9* — вилка.

Особенно повышаются требования к поворотному узлу тонарма для ЭПУ высшего класса, предназначенных для воспроизведения квадрофонических грампластинок. В этом случае сила трения в горизонтальной оси тонарма должна составлять не более 0,5% прижимной силы головки звукоснимателя. Обеспечить такие условия шарикоподшипниками не всегда удается.

В этом случае горизонтальную ось выполняют на ножевых опорах (рис. 40), имеющих наименьшую силу трения при небольшом износе механизма. В качестве материала для ножей и подушечек применяют стали У8А и У10А, закаленные до твердости *HRC* 61—65. Профиль ножа должен иметь рабочий угол 45—90° (для стальных ножей) или 60—120° (для ножей из агата или халцедона). Радиус закругления рабочего острия ножа от 0,0005 до 0,005 мм. Такой принцип подвески горизонтальной оси тонарма применен в электропроигрывателе «Электроника Б1-01».

Большое значение для высококачественных систем имеет правильная ориентация горизонтальной оси тонарма, которая должна располагаться под прямым углом к оси головки звукоснимателя (см. положение головки в точке A_3 на рис. 35, *а*). По отношению к продольной оси тонарма горизонтальная ось располагается под углом 90° — β, где β — угол коррекции. Это условие не всегда выполняется

для тонармов ЭПУ II и III классов, так как в них для упрощения конструкции горизонтальную ось располагают под углом 90° к оси тонарма.

На рис. 41 приведена конструкция тонарма для ЭПУ высшего класса, при разработке которого использовали высказанные выше принципы. Тонарм универсален, поскольку при сборке можно обеспечить любые значения установочной базы *d*, рабочей длины *L* и угла коррекции β. Кроме того, кассета *31* рассчитана на установку любой головки звукоснимателя при помощи специальной планки *30*. Учитывая эти особенности конструкции, тонарм можно установить на любое ЭПУ.

На рис. 39 показан поворотный узел этого тонарма. Составной корпус (детали *7* и *8*) поворотом вилки *7* относительно втулки *8* позволяет изменять угол между горизонтальной и продольной осями тонарма в пределах от 0 до 26°.

Кассету *31* и планку *30* (рис. 41) крепят на тонарме винтом *29* с гайкой. Два отверстия *Г* на планке *30* служат для крепления головок по международному стандарту. Отверстие в углублении *В* позволяет укрепить в кассете головку ГЗКУ-631Р. Для этого надо заменить имеющийся в головке ГЗКУ-631Р винт М2 на более длинный, который проходит через отверстие *В* на планке *30* и через головку звукоснимателя. Угол коррекции β устанавливают при сборке тонарма соответствующей ориентацией оси кассеты относительно оси тонарма, после чего винт *29* затягивается и со стороны гайки контрится краской. Изменяя место крепления втулки *8* на трубке тонарма *15*, можно менять рабочую длину *L* тонарма.

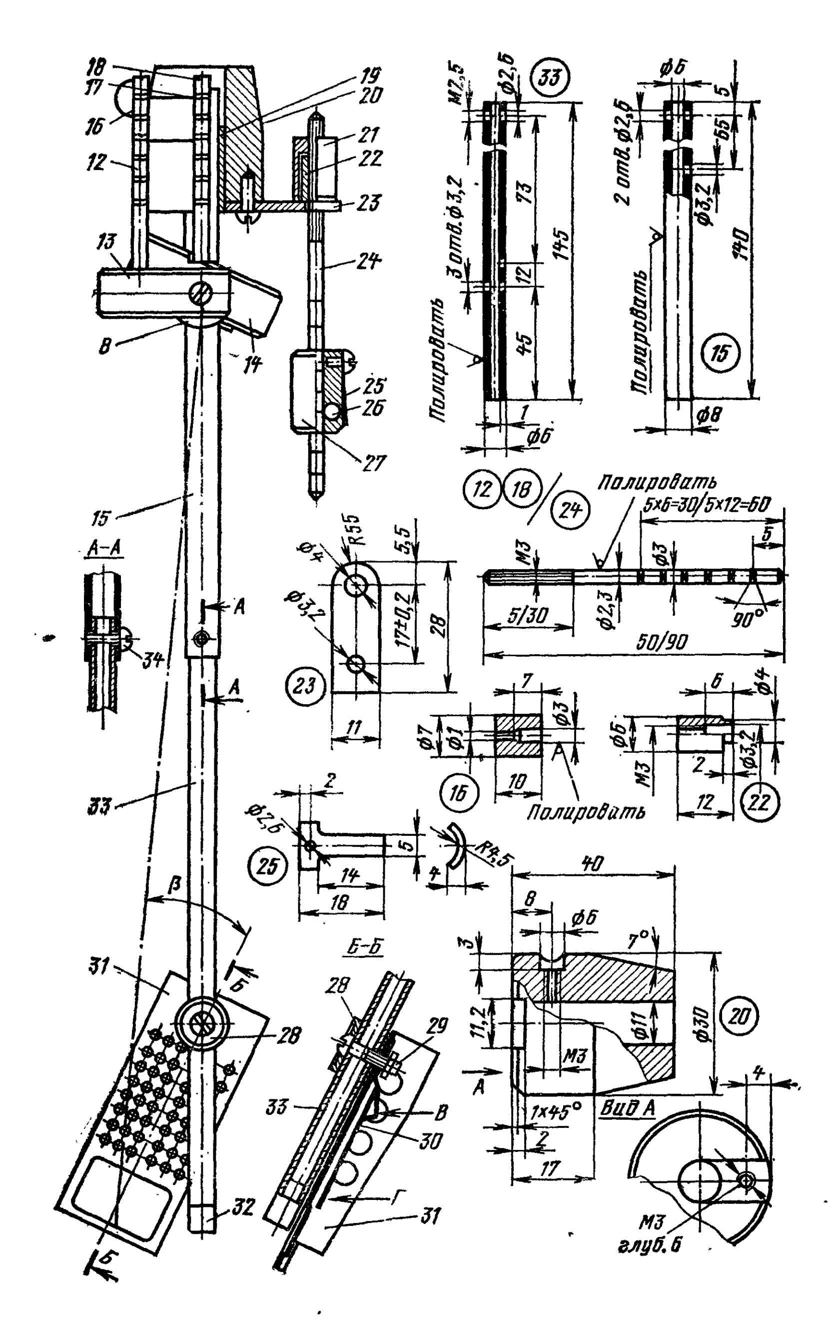
Детали *21—27* образуют регулятор прижимной силы. Втулку *22* расклепывают на планке *23*. Во втулку вворачивают стержень *24* и контрят гайкой *21*. Резьба на стержне *24* должна равномерно выступать по обе стороны от втулки *22*. В грузик *27* вставляют стальной шарик *26* диаметром *5* мм, который подпружинивается плоским фиксатором *25*. Фиксатор крепят на грузике винтом М2,5×4. В собранном виде грузик устанавливают на стержне *24* ближе ко втулке *22*.

Полностью собранный тонарм с головкой и проводами[1] балансируют на полное равновесие. Грубо баланс выставляют грузом *20*. Точную балансировку выполняют перемещением во втулке *22* стержня *24* с грузом *27*. Уравновесив системы, стержень *24* контрят гайкой *21*. Перемещением по стержню *24* грузика *27* устанавливают требуемую прижимную силу.

Компенсатором скатывающей силы служит грузик *16*, который нитью *17* связан со стержнем *18*. Стержень *18* ввинчен в кольцо *4*. Нить *17* перекинута через стержень *12* и свободно скользит по нему. Компенсирующую силу устанавливают перемещением места крепления нити *17* на стержне *18*.

При записи положение резца устанавливается таким образом, что угол между продольной осью резца и вертикалью составляет 15±5° (рис. 42, *а*). Для неискаженного воспроизведения фонограммы необходимо, чтобы вертикальный угол воспроизведения был равен 15±5° (рис. 42, *б*). Кроме того, для уменьшения коэффициента детонации при воспроизведении коробленной пластинки горизонтальную ось тонарма следует располагать на уровне верхней плоскости пла-

[1] В качестве выводов в тонарме используют провод ШСМВ. Если его нет, можно применить лицендрат маложильный.



А-А
Б-Б
Вид А
Полировать
3 отв. ф3,2
2 отв. ф2,6
М3
глуб. 6

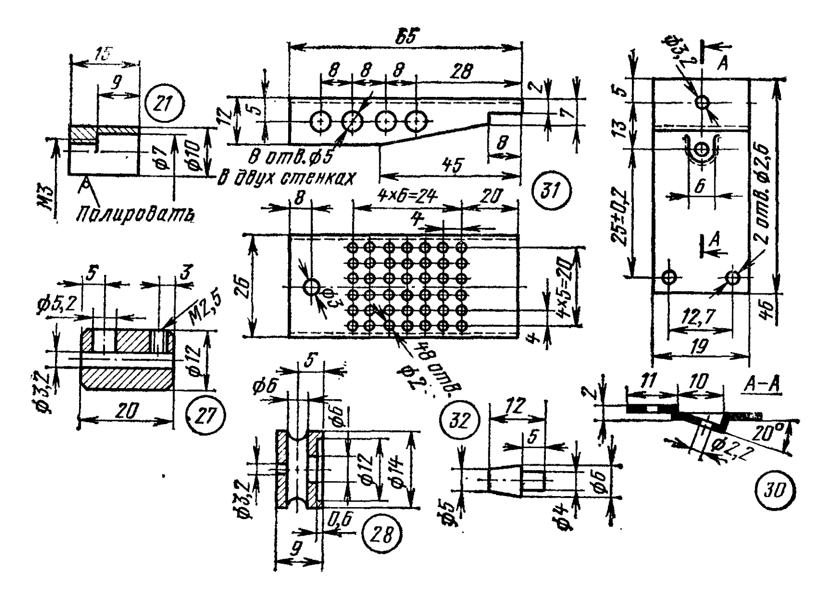


Рис. 41. Универсальный тонарм для ЭПУ высшего класса (см. рис. 39).

8 — втулка (см. рис. 39); *12, 18* — стержень, СтА12, хромировать, 2 шт.; *13* — скоба (см. рис. 39); *15* — трубка тонарма, сплав Д16Тв, труба 8×1, полировать, 1 шт.; *16* — грузик компенсатора скатывающей силы, СтА12, полировать, хромировать, 1 шт.; *17* — нить шелковая; *19* — резиновая прокладка 1,5×20×20, 1 шт.; *20* — противовес, сталь 20, красить нитроэмалью цвета «белая ночь», 1 шт.; *21* — контргайка, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *22* — втулка, СтА12, цинковать, 1 шт.; *23* — планка, Ст10, лист 2, красить нитроэмалью «белая ночь», 1 шт.; *24* — стержень, СтА12, хромировать, 1 шт.; *25* — пружина фиксатора, лента БрКМц-3-1Т, толщина 0,3, хромировать, 1 шт.; *26* — стальной шарик; *27* — грузик, СтА12, полировать, хромировать, 1 шт.; *28* — втулка, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *29* — винт М3×10, 1 шт.; *30* — планка, сплав Д16Тв, толщина 0,5, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *31* — кассета, сплав Д16Тв толщина 0,5, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *32* — заглушка, сплав Д16Тв, анодировать в красный цвет, 1 шт.; *33* — трубка круглая 6×1, сплав Д16Тв, полировать, 1 шт.

стинки. Поэтому расположение горизонтальной оси тонарма над панелью ЭПУ является строго определенным и зависит от высоты диска ЭПУ над панелью проигрывателя. Расстояние от панели до горизонтальной оси тонарма находится путем вычерчивания в масштабе 2 : 1 соответствующих элементов конструкций. Точность, получаемая в этом случае, вполне достаточна для практических целей.

Сложнее дело обстоит с высотой горизонтальной оси тонарма в автоматических проигрывателях. С увеличением числа пластинок на диске ЭПУ головка тонарма поднимается вверх. При этом уже не выдерживается вертикальный угол 15°. В большинстве автоматических ЭПУ идут на компромиссное решение: вертикальный угол воспроизведения 15° устанавливается только для средней пластинки комплекта. На остальных пластинках он изменяется в небольших пределах в обе стороны относительно 15°. Более сложные ЭПУ име-

ют следящую систему (обычно связанную со штоком стабилизирующего рычага), которая меняет высоту тонарма в зависимости от положения пластинок на диске проигрывателя (рис. 42, *в*).

Для достижения высокой верности воспроизведения конструкторы ищут новые решения конструкций тонарма, позволяющих осуществить наибольшее совпадение траекторий резца рекордера при записи и иглы звукоснимателя при воспроизведении.

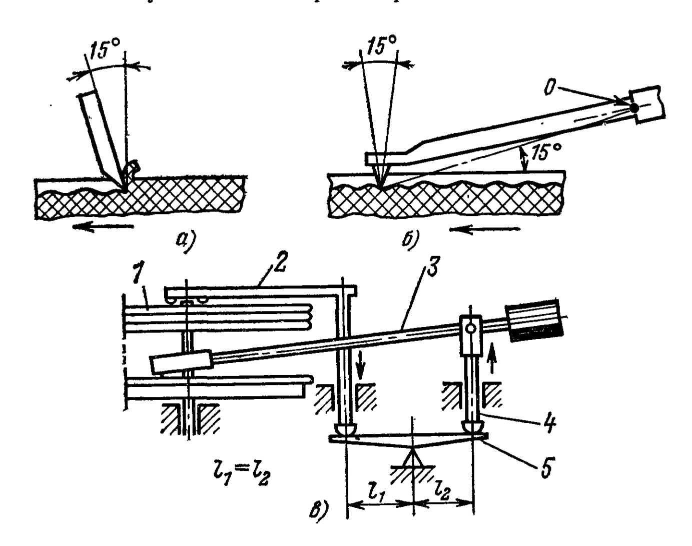


Рис. 42. Положение резца относительно лакового диска (*а*); положение иглодержателя с иглой относительно пластинки (*б*) (*O* — точка крепления колебательной системы иглы); следящая система, изменяющая высоту горизонтального вала тонарма (*в*); *1* — пластинки на шпинделе ЭПУ; *2* — стабилизирующий рычаг; *3* — тонарм; *4* — вертикальный вал тонарма; *5* — рычаг связи тонарма и стабилизирующего рычага.

Широкую известность получил тонарм английской фирмы «Plessev», впервые примененный в электропроигрывателе «Garrard Zero-100C». При рабочей длине тонарма 200 мм угловая погрешность α на любом участке поля записи не превышает 0,3° (рис. 43, *а*).

Тонарм представляет собой рычаг *4* (рис. 43, *б*) с осью вращения в точке *O*. На одном конце рычага *4* укреплен груз *1* статической балансировки системы в вертикальной плоскости. Кассета *3* с головкой звукоснимателя шарнирно закреплена на рычаге *4* в точке A_1. Тяга *2* одним концом шарнирно соединена в точке B_1 с кассетой *3*, а другим посажена на вал *C*. Ось тонарма *O* и ось тяги *2* расположены на кронштейне, образующем горизонтальный узел поворота тонарма. Размеры *OC* и A_1B_1 при рабочей длине тонарма OA_1 выбирают из условия постоянного совпадения вертикальной плоскости симметрии головки с касательной к канавке в точке касания иглы. Так как при вращении тонарма относительно точки *O* шарнир *A* пе-

ремещается по радиусу R, а шарнир B — по радиусу R_1, угол коррекции β к центру пластинки уменьшается. Поэтому угол коррекции β на максимальном радиусе поля записи выбирают из условия полного отсутствия угловой погрешности α, т. е. ось симметрии головки M_1N_1 должна совпадать с направлением касательной к начальной канавке на пластинке.

В общем виде этот тонарм представляет собой пантографный механизм, одно из плеч которого (тяга *2*) имеет сбитый центр вра-

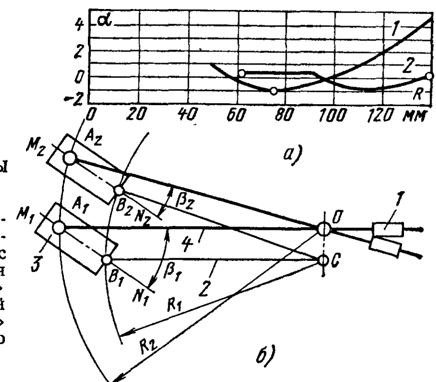


Рис. 43. Тонарм системы «Zero-100».

а — зависимость угловой погрешности α от радиуса пластинки для обычного тонарма с рабочей длиной 200 мм (кривая *1*) и для тонарма «Zero-100» (кривая *2*) с той же рабочей длиной; *б* — тонарм «Zero-100» в двух положениях (заметно изменение угла коррекции).

щения, что приводит к необходимой корректировке угла β в зоне записи. Нельзя сказать, что такая система точно копирует траекторию резца рекордера во всех точках поля записи. Однако погрешности такого механизма незначительны и практически не ухудшают вероятность воспроизведения.

У этого тонарма есть еще одна интересная особенность: он снабжен магнитным компенсатором скатывающей силы, который легко регулируется и очень стабилен в работе. Компенсатор представляет собой два постоянных магнита, один из которых укреплен на тонарме, а другой — на неподвижном кронштейне поворотного узла тонарма. Сила взаимодействия магнитов, а следовательно, противоскатывающая сила регулируется вводимой между ними экранирующей заслонкой.

Расчет конструктивных элементов тонарма «Zero-100» можно вести по методике, описанной для обычного тонарма, определяя угол коррекции β для положения иглы на вводной канавке пластинки. Угловую погрешность α в этой точке принимают равной нулю. Выбор размера тяги *4*, отрезков A_1B_1 и OC с достаточной степенью точности можно определить графически, выполнив построение в масштабе 10:1.

При изготовлении такого тонарма особое внимание следует уделить конструкции и качеству изготовления шарнирных узлов. В обычном тонарме его перемещение в горизонтальной плоскости обеспечивается одним шарниром. В тонарме «Zero-100» таких шарниров четыре. Легко понять, сколь высокое качество исполнения должно быть у этих шарниров, так как суммарная сила трения в них и люфты не должны превышать значений, приведенных нами ранее для одного шарнира поворотного узла тонарма.

Интересное конструктивное решение — тангенциальный тонарм — показано на рис. 44. Перемещение звукоснимателя происходит строго по радиусу пластинки, т. е. так же, как движется рекордер при записи. Принцип работы такой системы заключается в следующем.

Звукосниматель с тонармом *4* и противовесом *2* укреплен на каретке *3*, которая передвигается шариковой цепью *7* по обойме *6* с минимальным сопротивлением движению. Привод на цепь *7* осуществляется от серводвигателя *8*, работающего на батарее постоянного тока напряжением 1,5 В. Отключив каретку *3* от цепной передачи *7*, устанавливают иглу звукоснимателя над вводной канавкой грампластинки. После этого включается микролифт (двигатель *1* подъемного механизма), плавно опускающий на пластинку иглу звукоснимателя. В момент касания иглы с пластинкой происходит сочленение каретки *3* с цепным приводом *7*. Серводвигатель *8* (батарея питания *9*) обеспечивает смещение звукоснимателя строго по радиусу пластинки и от ее наружного края к центру. Работой серводвигателя *8* управляет звукосниматель, ведомый звуковой дорожкой пластинки. Он может отклонить кронштейн *4* на угол до 10′. Как только смещение кронштейна превысит этот угол, рычаг *5* на звуко-

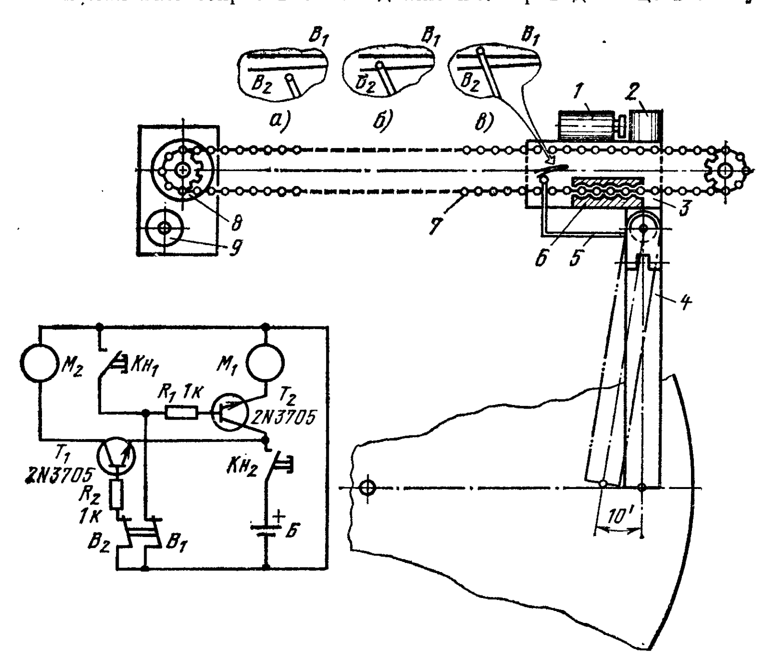


Рис. 44. Конструктивная и принципиальная схема механизма «Rabco».

а — контакты схемы разомкнуты; *б* — включен серводвигатель перемещения тонарма; *в* — включен двигатель подъемного механизма тонарма. $Кн_1$ — кнопка неавтоматического включения подъемного механизма; $Кн_2$ — контакт автоматического включения подъемного механизма; B_1 — контакт подъемного механизма; B_2 — контакт серводвигателя.

снимателе включит серводвигатель *8*. Последний передвинет каретку *3*, возвратив кронштейн в нейтральное положение. При этом выключатель разрывает цепь питания серводвигателя. Его следующее включение произойдет при новом отклонении кронштейна *4* на угол, превышающий 10′. Процесс повторяется до тех пор, пока игла звукоснимателя не достигнет выводных канавок в конце записи пластинки. Эти канавки имеют резко увеличивающийся шаг, что приводит к ускоренному отклонению кронштейна *4*. В результате включается двигатель *1* микролифта и звукосниматель поднимается над пластинкой.

В системе используют два транзистора (рис. 44, *в*), прецизионные шарнирные узлы, нейлоновые шарики цепной передачи, высокочувствительные контакты и серводвигатели с малым уровнем вибрации. В радиолюбительских условиях выполнить аналогичную систему сложно, хотя она обеспечивает высокую верность воспроизведения при использовании высококачественных головок звукоснимателя.

МИКРОЛИФТ

Чтобы предохранить иглу от поломок при опускании звукоснимателя на пластинку, тонармы ЭПУ должны быть обязательно оснащены микролифтом — устройством, позволяющим, не касаясь тонарма рукой, опускать или поднимать звукосниматель. Существуют конструкции микролифтов, производящие подъем и опускание звукоснимателя автоматически под действием соответствующих устройств ЭПУ (например, от автостопа). Примером такого микролифта может служить конструкция панели II-ЭПУ-52 (см. рис. 30).

Более простой ручной микролифт показан на рис. 45, *а*. Шток *6* микролифта перемещается вверх-вниз во втулке *5*, закрепленной на панели *2* ЭПУ. В прорезь панели проходит ручка *1*, посаженная на вал эксцентрика *3*. В верхний торец штока ввернута насадка *7*, предназначенная для регулировки высоты микролифта. Пружина *8* осуществляет силовое замыкание между штоком *6* и эксцентриком *3*. При повороте рычага *1* из одного крайнего положения в другое изменяется высота штока *6* над панелью ЭПУ, а вместе с тем опускается или поднимается тонарм, покоящийся на наконечнике *7*. Небольшое замедление при опускании штока создает кремнийорганическая смазка *4* [1], которая заполняет пространство между втулкой *5* и штоком *6*. Мгновенно перевести рычажок на 100—120° нельзя. Учитывая это, можно сказать, что такая конструкция простого микролифта предохранит звукосниматель от резкого опускания на пластинку.

Ручные микролифты применяют только на неавтоматических ЭПУ. Для того чтобы сделать опускание звукоснимателя плавным, независимым от движения руки, системы микролифта строят по сложным кинематическим схемам, в которых используют гидродинамические демпферы, инерционные замедлители и т. д. Все эти механизмы ввиду их сложности не могут быть рекомендованы радиолюбителям.

---

[1] В замедлителях микролифта может быть использована жидкость ПСМ-100000. Менее вязка жидкость ПСМ-75000. Эти кремнийорганические смазки применяют в некоторых измерительных приборах.

Фирма «Thorens» применяет очень оригинальную и простую конструкцию микролифта (рис. 45, *б*). Управляется микролифт ручкой *19*, которая передвигает планку *18*, мягко связанную при помощи пружин *13* и *16* с рычажком диска *15* (*17* — шайба). Этот диск укреплен на угольнике *14*, плотно прилегая к нему. Между диском *15* и угольником *14* находится тончайший слой кремнийорганического масла. При резких движениях трение в таком узле значительно воз-

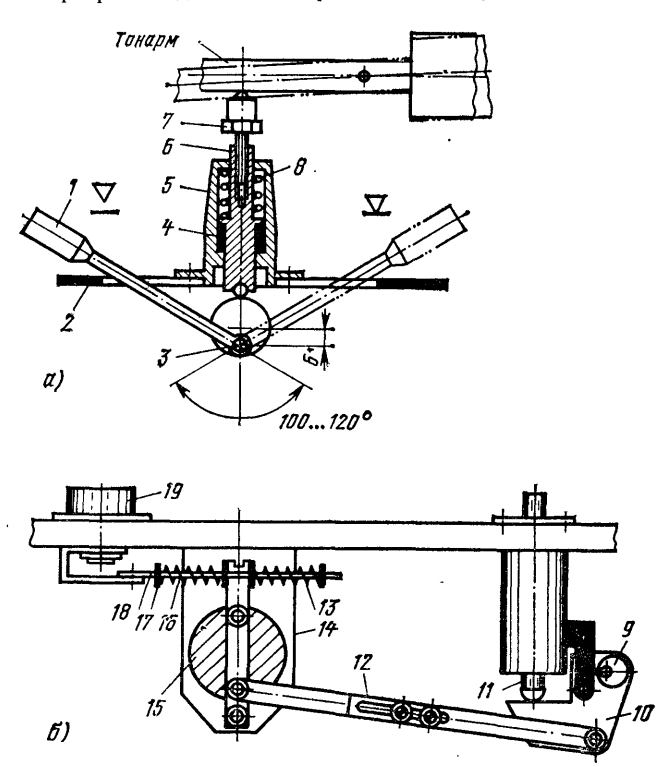


Рис. 45. Ручной микролифт прямого управления (*а*) и микролифт с замедлителем (*б*).

растает благодаря особым свойствам смазки. Поэтому при резких передвижениях планки *18* диск *15* будет всегда поворачиваться медленно. Диск связан тягой *12* с угольником *10*, на который опирается подъемный шток *11* микролифта (*9* — шайба). С помощью этого штока, верхний конец которого упирается в тонарм, происходят подъем и опускание звукоснимателя.

Полуавтоматические и автоматические ЭПУ снабжены микролифтом, срабатывающим от системы управления автомата. В этой связи большой интерес представляют электрические микролифты—

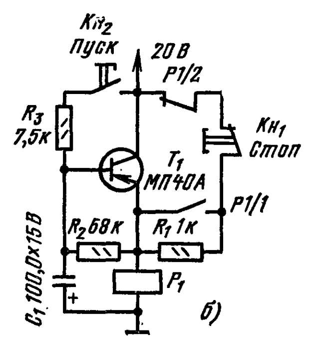


Рис. 46. Конструкция *(а)* и схема управления *(б)* электромагнитного микролифта (по В. Черкунову и В. Светкову).

1 — толкатель, сплав Д16Тв, анодировать, 1 шт.; *2* — гайка М4, 1 шт.; *3* — втулка, латунь ЛС-59-1, хромировать, 1 шт.; *4* — гайка М8×1, 1 шт.; *5* — винт М3×6, 1 шт.; *6* — втулка, латунь ЛС-59-1, полировать, хромировать, 1 шт.; *7* — игла стальная ⌀ 1 мм, 1 шт.; *8* — сектор, сплав Д16Тв, анодировать в черный цвет, 1 шт.; *9* — тонарм; *10* — резиновая прокладка толщиной 1 мм; *11* — винт М3×6; *12* — шток, Ст12, воронить, 1 шт.; *13* — панель ЭПУ; *14* — винт М3×10, 1 шт.; *15* — втулка, сплав Д16Тв, анодировать, 1 шт.

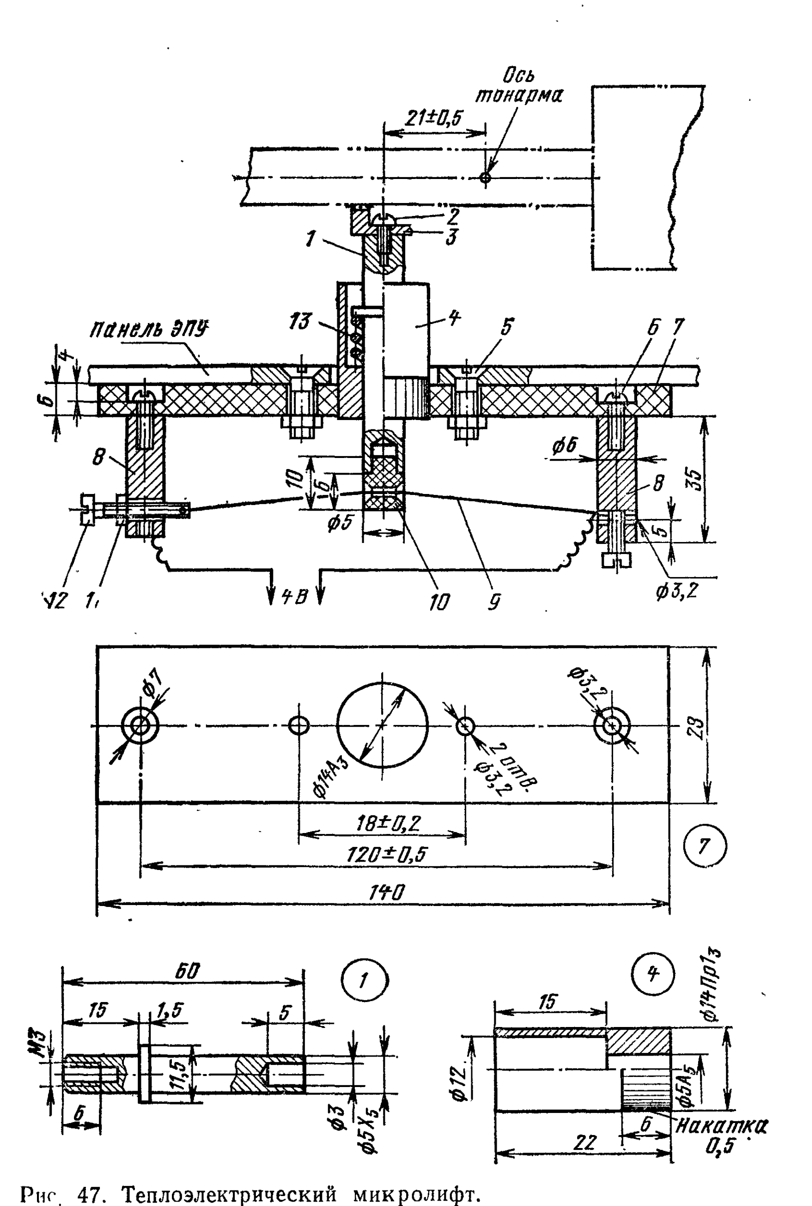


Рис. 47. Теплоэлектрический микролифт.

1 — шток, СтА12, воронить, 1 шт.; *2* — винт М3×6, 1 шт.; *3* — сектор (см. деталь 8 на рис. 46), 1 шт.; *4*—втулка, латунь ЛС-59-1, полировать, хромировать, 1 шт.; *5* — винт М3×10, 2 шт.; *6* — винт М3×10, 2 шт.; *7* — панель изоляционная; гекстолит лист 6, 1 шт.; *8* — стойка, латунь ЛС-59-1, 2 шт.; *9* — провод, нихром ⌀ 0,4 мм; *10* — втулка, фторопласт, 1 шт.; *11* — гайка М3, 3 шт.; *12* — винт М3×16, 1 шт.; *13* — пружина.

электромагнитные, теплоэлектрические и электромеханические, управление которыми можно осуществлять от фотоэлектронных реле автостопа, сенсорного пульта или дистанционно.

Электромагнитный микролифт на рис. 46, *а* изготовлен из реле РС-52 (паспорт РС4.523.201), с которого удаляют кожух и одну контактную группу. В зависимости от высоты тонарма над панелью ЭПУ размеры, отмеченные звездочкой у деталей 6,12 и 15 изменяются.

При нажатии кнопки $Кн_2$ (*Пуск*) блок управления микролифтом (рис. 46, *б*) обеспечивает опускание тонарма в течение 1—3 с. Время опускания зависит от емкости конденсатора C_1. Контактная группа $P_{1/2}$ принадлежит реле автостопа. Нажатием кнопки $Кн_1$ тонарм поднимается в любом месте зоны записи пластинки. Эту кнопку можно совмещать с выключателем электродвигателя. Контактная группа $P_{1/1}$ включается после срабатывания электромагнита $Эм_1$ и блокирует кнопку $Кн_2$.

В конструкции теплоэлектрического микролифта (рис. 47) используется эффект удлинения нагретого проводника при пропускании через него электрического тока. Все устройство монтируется на изоляционной панели *7*, в которую запрессована втулка *4*. Во втулку вставлен шток *1*. В нижней части его запрессована изоляционная втулка *10*, а к верхней привинчен (винтом *2*) сектор *3*, служащий опорой тонарма. Между стойками *8*, прикрепленными к панели *7* винтами *6*, натянута нихромовая проволока *9* с помощью винта *12*, проходящая в отверстие втулки *10*. Степень натяжения проволоки *9* регулируется гайкой *11*. Шток подпружинен цилиндрической пружиной *13*. Собранный микролифт устанавливают под панелью ЭПУ и крепят к ней двумя винтами *5*.

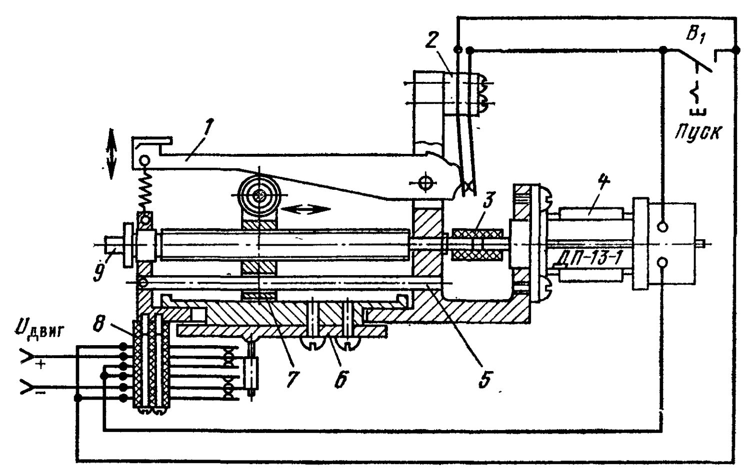


Рис. 48. Микролифт с винтовым редуктором.

1 — рычажок подъема; *2* — контактная группа; *3* — муфта; *4* — двигатель микролифта (ДП-13-1); *5* — направляющая каретки; *6* — подвижная планка концевых выключателей; *7* — гайка каретки с роликом; *8* — контакты концевых выключателей; *9* — ходовой винт с мелкой резьбой.

При пропускании через проволоку *9* электрического тока ее длина увеличивается и под действием пружины *13* шток *1* поднимается вверх, поднимая тонарм. При остывании проволоки *9* шток *1* опускается. Время опускания штока 3—5 с. Достоинство описанного теплоэлектрического микролифта перед аналогичными конструкциями в том, что во время проигрывания пластинки проволока *9* обесточена и не нагревается, благодаря этому не нарушается тепловой режим ЭПУ.

Электромеханические микролифты работают от маломощных электродвигателей постоянного тока, вращающих эксцентрик, служащий опорой штока микролифта. Между электродвигателем и эксцентриком устанавливают редуктор с большим передаточным отношением. Частота вращения эксцентрика определяет быстроту срабатывания микролифта, которая должна составлять 3—5 с при опускании и 1—2 с при подъеме.

При работе редуктора с большим передаточным отношением создается значительный шум. Кроме того, не всегда возможно изготовить или подобрать необходимые шестерни для редуктора. В этом случае следует отказаться от классического варианта редуктора с зубчатыми или червячными передачами и сделать простейший винтовой редуктор (рис. 48).

Кроме повышенного уровня шума электромеханические микролифты являются источником вибрации от работающего электродвигателя. Это необходимо учитывать и до минимума сокращать время работы двигателя после нарушения контакта между штоком (рычагом) микролифта и трубкой тонарма, когда игла звукоснимателя входит в контакт с пластинкой.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЭПУ

ПРИНЦИП РАБОТЫ АЭПУ И ПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Работой автоматического ЭПУ (АЭПУ) управляет командный механизм. С его помощью осуществляются передвижение звукоснимателя и сбрасывание пластинок на диск ЭПУ. Все автоматические операции выполняются в следующей последовательности: сбрасывание очередной пластинки на диск ЭПУ; съем звукоснимателя со стойки; установка звукоснимателя над пластинкой определенного диаметра; плавный спуск звукоснимателя на вводную канавку пластинки; отключение автоматических механизмов от звукоснимателя на период воспроизведения; подъем звукоснимателя по окончании проигрывания пластинки и возвращение его в исходное положение (установка на стойку); перестройка всего механизма в исходное положение.

Приведенная выше последовательность срабатывания механизмов АЭПУ составляет цикл его работы. В некоторых устройствах он дополняется автоматическим отключением двигателя ЭПУ после проигрывания последней пластинки.

В качестве привода для командного механизма можно использовать или отдельный электродвигатель (включаемый только на время работы механизма), или движущий механизм самого ЭПУ (командный механизм подключается к нему только на время смены пластинки). Привод с помощью отдельного электродвигателя в кинематическом отношении надо признать наиболее простым. Вклю-

чение механизма производится замыканием контактов в цепи питания электродвигателя. Применение отдельного привода обеспечивает постоянное время выполнения цикла смены пластинки вне зависимости от частоты вращения диска ЭПУ. Этот факт имеет существенное значение при эксплуатации АЭПУ. Однако, несмотря на кажущуюся простоту, привод с отдельным двигателем требует применения редуктора с большим передаточным отношением. Дело в том, что вращение распределительного устройства командного механизма

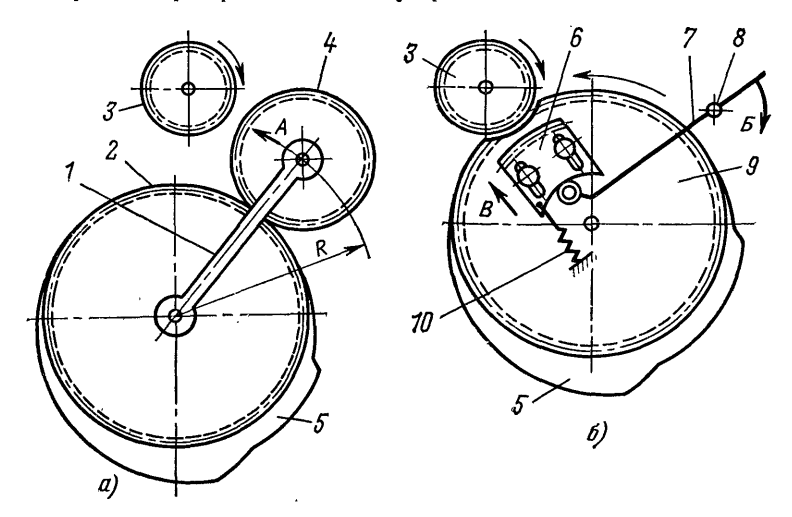


Рис. 49. Схемы сочленения командного механизма с диском ЭПУ при помощи паразитной шестеренки (*а*) и разрезного зубчатого венца (*б*).

должно происходить с частотой 2—3 об/мин, в то время как двигатель может вращаться с частотой 2000—3000 об/мин. Выполнение сложного редуктора связано с серьезными трудностями. Значительные затраты на изготовление редуктора и стоимость самого двигателя (его мощность может быть не более 1 Вт) заставляют использовать в промышленных образцах АЭПУ привод командного механизма от диска ЭПУ. В таких устройствах время выполнения всего цикла работы зависит от скорости вращения диска ЭПУ.

Связь между диском ЭПУ и командным механизмом осуществляется с помощью зубчатой передачи (рис. 49). В кинематическом отношении эта передача может быть выполнена несколькими способами. Так, на рис. 49, *а* показана передача с применением подвижной шестерни *4*, укрепленной на рычаге *1* (*2* — ведомая шестеренка командного механизма). Механизм передачи, показанный на рис. 49, *б*, проще, чем передача на рис. 49, *а*. Шестеренка *9* с вырезом на зубчатом венце жестко связана с эксцентриком *5* командного механизма. На колесе укреплен подвижный зубчатый сегмент *6*. В исходном положении вырез в шестеренке *9* находится против трибки *3* на диске ЭПУ (установка трибки на диске показана на

рис. 21, *г* и 22). Контакт между ними отсутствует, и командный механизм неподвижен. Сработавший автостоп сдвигает конец рычага 7 (относительно вала *8*) в направлении стрелки *Б*. Противоположный конец этого рычага передвигает зубчатый сегмент *6*, который заполняет вырез в шестеренке и входит в зацепление с трибкой *3*. Благодаря этому шестеренка *9* начинает вращаться, приводя в движение командный механизм АЭПУ, причем дальше в контакте с трибкой *3* находится зубчатый венец шестеренки *9*, а сегмент *6* возвратной

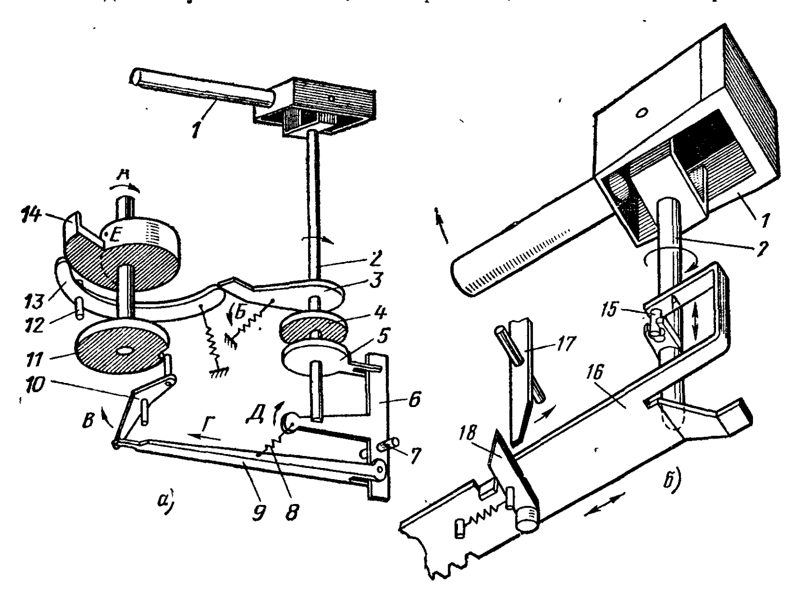


Рис. 50. Двухкулачковый механизм управления перемещением тонарма (*а*); командный механизм, управляемый рейкой (*б*).

пружиной *10* сдвигается в исходное положение. Совершив один оборот, шестеренка *9* устанавливается своим вырезом против трибки *3* и расцепляется с ней. Цикл работы окончен.

Во всех случаях, когда передача на командный механизм автомата осуществляется от диска ЭПУ, приводной двигатель не должен отключаться при срабатывании автостопа. Отключение может произойти только после воспроизведения записи с последней пластинки.

Как правило, командный механизм автомата выполняется в виде одного или нескольких эксцентриков (кулачков), воздействующих на микролифт, звукосниматель и механизм сбрасывания. Нередко управление осуществляется фигурной планкой, имеющей зубчатое зацепление с приводом АЭПУ.

Примером многокулачкового командного механизма может служить устройство, показанное на рис. 50, *а*. Для перемещения звукоснимателя здесь применяют два эксцентрика *11* и *14*, посаженные на один вал и совершающие за время одного цикла работы автомата

два оборота. Эксцентрики приводятся во вращение отдельным электродвигателем. Направление их вращения указано стрелкой *А*.

Работой микролифта управляет эксцентрик *11*. Он выполнен в виде диска с вырезом, куда западает штырь рычага *10*. При вращении эксцентрика штырь выходит из выреза, поворачивая рычаг *10* в направлении стрелки *В*. Связанная с рычагом *10* подвижная планка *9* смещается влево, поворачивая при этом рычаг *6* относительно вала *7* (*8* — возвратная пружина). С рычагом соединена шайба *5*, которая прижимается к диску *4* на валу *2* тонарма *1* и поднимает его над пластинкой.

Горизонтальное перемещение тонарма осуществляется с помощью эксцентрика *14*. Посредством рычага *13* он воздействует на поводок *3*, неподвижно укрепленный на валу *2* тонарма. Во время первого оборота эксцентриков *11* и *14*, когда происходит подъем звукоснимателя с пластинки и отвод в сторону, штырь *12* рычага *13* двигается по наружному контуру эксцентрика *14*, имеющему больший радиус. В этом случае второй конец рычага *13* упирается в поводок *3* и передвигает тонарм. После завершения первого оборота штырь рычага *13* оказывается в точке *Е* и на втором обороте двигается по внутреннему ободу эксцентрика *14* (контур с меньшим радиусом). При этом рычаг *13* отходит от поводка *3* и тонарм свободно передвигается по звуковой канавке пластинки. С началом нового цикла работы рычаг *13* принудительно переключается с внутреннего обода эксцентрика *14* на внешний.

Другим примером выполнения командного механизма с несколькими эксцентриками и кулачками может служить описанный далее автоматический проигрыватель на базе промышленной панели II ЭПУ-52.

Система командного механизма с несколькими эксцентриками или кулачками оказывается наиболее приемлемой для изготовления в любительских условиях, так как эти эксцентрики выполняют в виде плоских деталей, легко обрабатываемых ручным инструментом.

Несколько труднее изготовить командный механизм с одним эксцентриком. Такой эксцентрик имеет объемную форму со сложным профилем управляющей поверхности. При промышленном производстве такие детали прессуют из пластмассы или отливают из специальных сплавов. В любительских условиях сложный эксцентрик с объемным профилем можно изготовить из оргстекла или листового сополимера СНП, склеивая отдельные детали требуемой формы. Примером командного механизма с одним эксцентриком служит описанный далее малогабаритный автоматический проигрыватель. Там же рассмотрен принцип работы устройства управления.

Механизм, управляющий движением звукоснимателя с помощью фигурной планки, показан на рис. 50, *б*. В исходном состоянии фигурная планка *16* сдвинута влево. При движении планки вправо фигурный уступ поднимает вверх вал *2* и тонарм *1* снимается с пластинки. Во время дальнейшего движения вправо штифт *15* на лапке *А* входит в паз поводка тонарма и перемещает его в сторону. Храповик *18* воздействует на механизм сбрасывания пластинки *17*.

Во время обратного хода планки вал *2* тонарма опускается по фигурному уступу вниз и поводок расстыковывается со штифтом *15*. При этом звукосниматель устанавливается на пластинку и освобождается от принудительного ведения командным механизмом. Привод фигурной планки *16* осуществляется от диска ЭПУ с помощью зубчатой передачи, для чего на планке имеется специальная зубчатая

рейка. Конструкция такого командного устройства достаточно проста, однако большие трудности вызывает установка на нем переключателя диаметра пластинки (переключателя формата). Переключатель также входит в систему командного механизма. Наличие этого узла позволяет проигрывать на одном АЭПУ пластинки различных форматов. С этой точки зрения все АЭПУ можно разделить на три основные группы:

1) АЭПУ, воспроизводящие комплект пластинок различного диаметра в любом наборе;

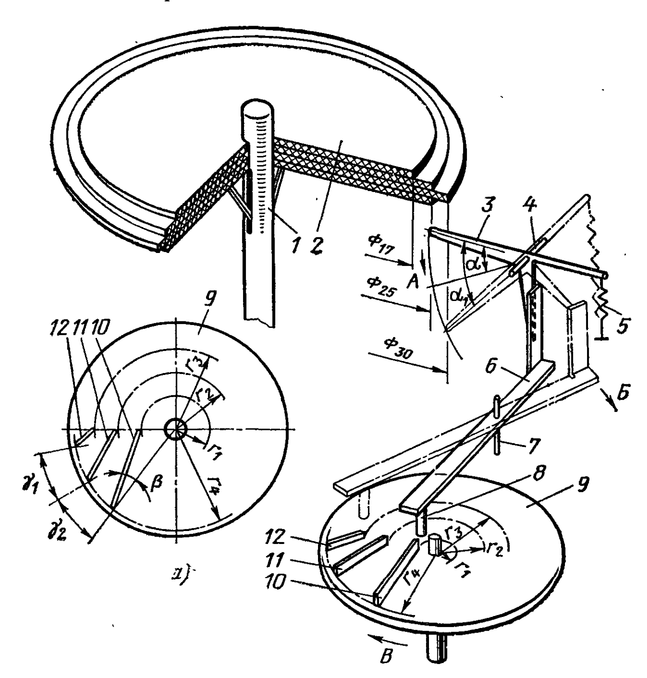


Рис. 51. Кинематическая схема механизма автоматического переключателя габарита.

2) АЭПУ, воспроизводящие комплект пластинок только одного диаметра, но имеющие специальный механизм или ручной переключатель, устанавливаемый в зависимости от диаметра комплекта пластинок;

3) АЭПУ, рассчитанные на воспроизведение пластинок только одного диаметра.

Одна из кинематических схем автоматического механизма, определяющего диаметр пластинок *2*, установленных на шпиндель *1*, показана на рис. 51. Устройство состоит из щупа *3*, легко поворачивающегося на валу *4*. Пружина *5* (она может быть заменена противовесом) удерживает щуп в исходном положении. Один конец щупа *3* касается рычага *6*, который свободно надет на вал *7*. На рычаге

укреплен штырь *8*, располагающийся над вращающимся в направлении стрелки *В* диском командного устройства *9*. На диске имеются упоры 10—12, начинающиеся у края диска на расстоянии r_4 и заканчивающиеся соответственно на расстояниях r_1—r_3 от центра. Штырь, вступая в контакт с упором, скользит по его стенке к краю диска, поворачивая за собой конец рычага *6*. Дойдя до края диска, штырь соскальзывает с упора. В этот момент рычаг *6* входит в контакт с механизмом микролифта. Последний опускает звукосниматель на пластинку и расстыковывают его с командным устройством ЭПУ.

С диском *9* жестко связан эксцентрик, управляющий перемещением тонарма. Каждому углу поворота диска *9* соответствует определенное положение звукоснимателя над пластинкой. Концы упоров *10—12* расположены на окружности с радиусом r_4 таким образом, что вводят в зацепление рычаг *6* с микролифтом в те моменты, когда звукосниматель находится над точками, соответствующими вводным канавкам пластинок форматов Φ_{30}, Φ_{25} или Φ_{17}. Таким образом, щуп *3*, установив штырь рычага *6* на пути соответствующего упора, определяет момент спуска звукоснимателя на пластинку. Пластинка формата Φ_{17} (диаметром 174 мм) опускается на диск ЭПУ, не касаясь щупа *3*. В исходном положении (когда щуп не срабатывает) штырь *8* ведется упором *10*. Пластинка формата Φ_{25} (диаметром 250 мм) отклоняет щуп на угол α. В этом случае штырь *8* ведется упором *11*. Пластинка формата D_{30} отклоняет щуп на угол α_1, и штырь *8* управляется упором *12*. Каждая пластинка, опускаясь на диск ЭПУ, касается щупа и в соответствии со своим форматом устанавливает точку спуска звукоснимателя.

Обычно щуп располагается рядом с вертикальным валом тонарма. Часто опору этого вала и корпус щупа выполняют в виде единой конструкции. Не следует выбирать расстояние между валом *4* и краем пластинки формата Φ_{30} слишком большим. Это приводит к удлинению щупа, что делает конструкцию громоздкой. Длина щупа *3* должна быть в пределах 45—60 мм. Пружину *5* изготовляют из проволоки диаметром 0,1—0,15 мм, и усилие, создаваемое ею, должно быть небольшим (таким, чтобы пластинки, касаясь щупа, не испытывали большого сопротивления). Щуп на валу *4* должен поворачиваться свободно, без заметного усилия. Размеры рычага *6* определяются положением и габаритами командного устройства. Располагая упоры *10—12* на диске *9*, следует учитывать следующие обстоятельства (рис. 51):

1) расстояние r_3—r_2 и r_2—r_1 должно обеспечивать свободный проход штыря *8*, учитывая возможную неточность установки его щупом *3* в зазоре между упорами;

2) угол γ_1 должен соответствовать углу поворота командного механизма, при котором звукосниматель проходит путь от вводной канавки пластинки формата Φ_{30} до вводной канавки пластинки формата Φ_{25};

3) угол γ_2 должен соответствовать углу поворота командного механизма, при котором звукосниматель проходит путь от вводной канавки пластинки формата Φ_{25} до вводной канавки пластинки формата Φ_{17};

4) угол β следует брать не меньше 30°, так как при меньшем угле штырь *8*, соприкасаясь с упорами *10—12*, может заклинить механизм.

Описанное выше устройство полностью автоматизирует процесс смены пластинок. Однако механизм его весьма сложен и для выпол-

нения требует достаточно высокой квалификации. Проще в расчете и изготовлении устройство, которое позволяет автоматически устанавливать звукосниматель на вводную канавку при проигрывании комплекта, состоящего из пластинок одного формата.

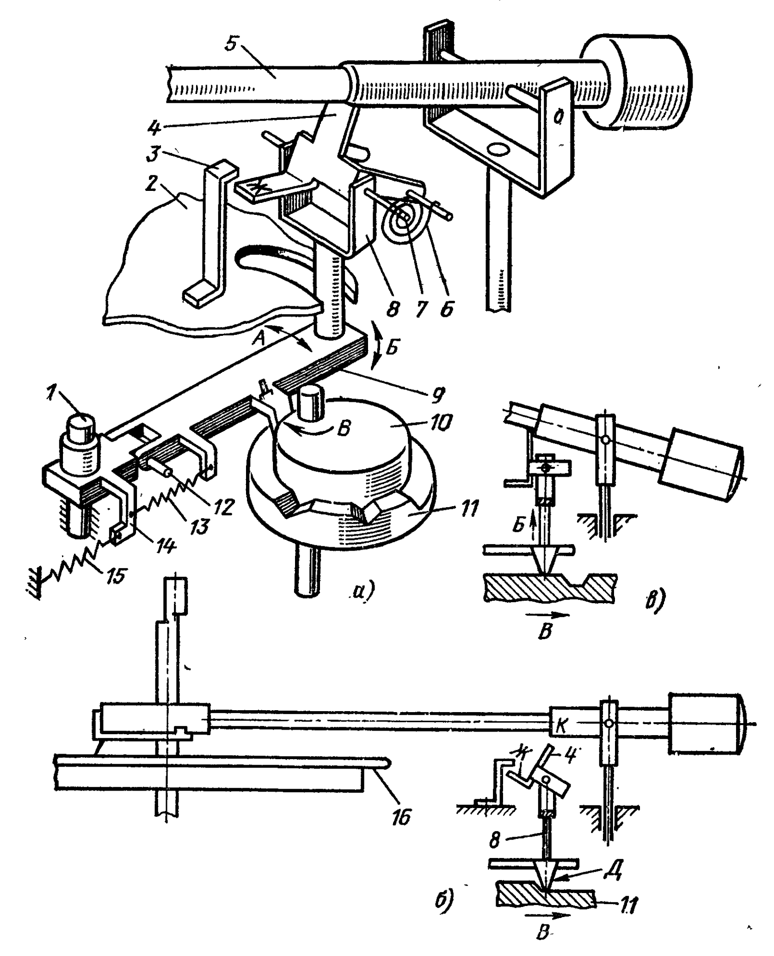


Рис. 52. Автоматический поиск пластинки щупом флажковой системы.

Кинематическая схема такого механизма показана на рис. 52, *а*. Тонарм *5* перемещается над пластинкой *16* с помощью составного рычага, состоящего из двух планок *9* и *14*, шарнирно соединенных валом *12*. Планка *14* посажена на вал *1*. Благодаря такой конструкции конец планки *9* может перемещаться в двух плоскостях — в направлении стрелок *А* и *Б*. Характер этого перемещения определяет-

ся формой эксцентриков *10* и *11*, составляющих командный механизм ЭПУ. Связь между эксцентриками и рычагом осуществляется щупом *Д* на планке *9*. Щуп прижимается к эксцентрикам пружинами *13* и *15*. Передвижение рычага в направлении стрелки *А* происходит под воздействием эксцентрика *10*. Смещением планки по стрелке *Б* управляет эксцентрик *11*. На конце планки *9* укреплена вилка *8*. Через нее проходит ось *7*, на которой установлен флажок *4*. С его помощью осуществляется связь между рычагом и звукоснимателем.

Работает механизм следующим образом. Выйдя на выводную канавку пластинки, тонарм *5* оказывается над флажком *4* (см. рис. 52, *б*). В этот момент включается командный механизм, и эксцентрики *10* и *11* начинают синхронно вращаться по стрелке *В*. Щуп *Д* выходит из впадины на эксцентрике *11* и поднимает вилку *8* с флажком *4* вверх. При этом лапка *Ж* касается упора *3* и флажок встает вертикально, принимая на себя тонарм (см. рис. 52, *в*). Теперь возврату флажка в исходное положение препятствует упор на тонарме *5*. Тонарм и механизм управления надежно состыкованы. Под воздействием эксцентрика *10* рычаг отходит в сторону, отводя тонарм в крайнее правое положение

После сброса пластинки эксцентрик *10* начинает перемещать тонарм к центру диска ЭПУ. Благодаря специально рассчитанному профилю эксцентрика *10* тонарм делает кратковременные остановки над точками, соответствующими вводным канавкам пластинок формата Φ_{30}, Φ_{25} и Φ_{17}. Во время этих остановок щуп *Д* опускается во впадины на эксцентрике *11* и увлекает планку *9* вниз. Выйдя из впадины, щуп возобновляет движение к центру диска ЭПУ. Вместе с планкой опускается, поднимается и перемещается над пластинкой и тонарм. Так повторяется в точках, соответствующих вводным канавкам пластинок формата Φ_{30} и Φ_{25}. Опустившись на пластинку формата Φ_{17}, планка *9* отводится эксцентриком *10* в крайнее левое положение, куда после окончания воспроизведения подходит и тонарм.

Если во время спуска вниз игла звукоснимателя встречает пластинку, то происходит расстыковка тонарма с командным механизмом. Расстыковка производится вследствие того, что после установки иглы звукоснимателя на пластинку вилка *8* с флажком *4* опускается еще на 1,5—2 мм ниже, что приводит к срыву флажка с упора *12* на тонарме. Под действием пружины *6* флажок принимает почти горизонтальное положение и при последующих подъемах планки *9* уже не достает до тонарма, обеспечивая возможность свободного воспроизведения записи. Подъем флажка *4* возможен только с помощью упора *3*, укрепленного на панели *2*.

При расчете эксцентрика *11* необходимо учитывать, что в крайнем нижнем положении игла звукоснимателя не доходит до диска ЭПУ на 0,8—1,3 мм. Если игла будет касаться диска, механизм расстыковки сработает от этого касания даже при отсутствии пластинки. Если игла находится над диском ЭПУ слишком высоко, расстыковки тонарма с механизмом управления при проигрывании первой пластинки комплекта не произойдет. Разъединение командного механизма с тонармом должно происходить при опускании вилки *8* с флажком *4* на 0,7—1 мм ниже, чем вставший на пластинку звукосниматель.

МАНИПУЛЯТОРЫ АЭПУ

Особенность всех АЭПУ состоит в том, что система автоматики является неотъемлемой частью его механизма. Это специально сконструированные устройства для автоматической подачи на диск пластинок в заданной последовательности и автоматического управления звукоснимателем при воспроизведении.

Автором разработана система, состоящая из электромеханических узлов сброса и манипулятора и позволяющая без каких-либо переделок в механизме обычного ЭПУ трансформировать его в автомат стопочного типа. Его отличие от специально сконструированного бытового автоматического ЭПУ состоит лишь в том, что все элементы автоматики выполнены в виде самостоятельных функциональных узлов, которые могут быть установлены практически на любое ЭПУ со звукоснимателем *4* и рычажном подъеме тонарма *5* (рис. 53).

При создании этой конструкции основная трудность заключалась в подборе способа крепления и удержания в исходном состоянии стопки пластинок, не переделывая при этом шпиндель диска ЭПУ. Эта задача была решена следующим образом. На корпусе *7* ЭПУ устанавливают рамку *1* с коленчатым валом *13* (рис. 53, *б*). Рамку фиксируют на корпусе *7* таким образом, чтобы нижнее колено вала *13* узла сброса и шпиндель *14* диска ЭПУ были соосны. При подаче на обмотку электромагнита *15* кратковременного импульса постоянного тока якорь *9* втягивается в катушку и увлекает планку сброса влево. Упор на планке *12* сдвигает нижнюю в стопке пластинку *3* в направлении стрелки *А*. Пластинка теряет опору и соскальзывает по валу *13* вниз на диск *8*. В этот момент электромагнит обесточивается, и под действием пружины *11* планка *12* возвращается в исходное положение, а стопка пластинок оседает до упора на верхнем колене вала *13*.

Электромагнит сброса *15* закрыт декоративным кожухом *2*. К нему с помощью фланца *10* крепят вал *13*. Конструктивно весь механизм сброса может быть смонтирован в крышке ЭПУ. Такая крышка-кассета фиксируется на корпусе *7* ЭПУ, а электрическое соединение узла сброса с командным механизмом может осуществляться штырями разъема.

Основным узлом в предлагаемом АЭПУ является манипулятор *6* (см. рис. 53, *а*). Он не только осуществляет перемещение звукоснимателя, но и выдает команды узлу сброса. На рис. 54 показана одна из возможных конструктивных схем такого манипулятора. Рассмотрим принцип его работы.

Механизм имеет два независимых узла, один из которых служит для горизонтального перемещения тонарма, а другой — для его подъема и спуска (управляемый микролифт). Каждый из узлов имеет свой привод: электродвигатели M_1 для горизонтального перемещения тонарма и M_2 для микролифта. Вся электрическая коммутация цепей питания (рис. 55) электродвигателей и электромагнита сброса $Эм_1$ осуществляется контактной системой, расположенной в пульте управления: $Кн_{1-1}$, $Кн_{1-2}$, $Кн_2$; $Кн_3$; $Кн_4$; $Кн_5$; $Кн_6$, в самом манипуляторе вокруг кулачков *9*, *10*, *11* и *12* ($К_2$, $К_3$, $К_4$, $К_5$, $К_{6-1}$, $К_{6-2}$, $К_{6-3}$, $К_7$, $К_8$) и на автостопе ЭПУ ($В_{1-1}$, $В_{1-2}$).

Работает манипулятор следующим образом. В исходном состоянии тонарм ЭПУ находится за бортом пластинки, на опоре *Г* поводка *1* манипулятора (см. рис. 54). В таком положении стопку пласти-

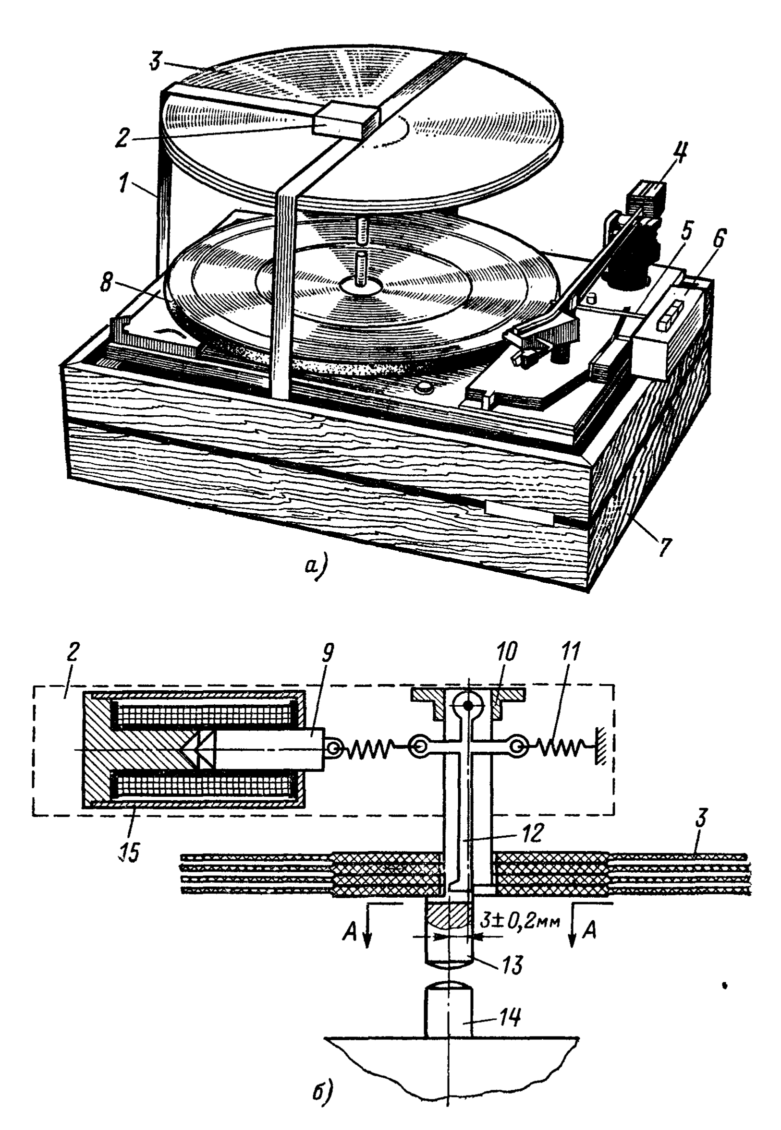


Рис. 53. Манипулятор на ЭПУ.

пок, подлежащих проигрыванию, устанавливают в узле сброса. В соответствии с форматом установленных пластинок на пульте управления нажимают одну из трех кнопок (с зависимой фиксацией) переключателя формата $К_3$—$К_5$. Нажатием кнопки $Кн_6$ с самофиксацией механизм переводится в режим автоматического воспроизведения. При воспроизведении одиночной пластинки кнопку $Кн_6$ нажимать не надо. Если при этом кнопка $Кн_6$ окажется нажатой, пластинка будет проигрываться многократно до выключения кнопкой *Стоп* ($Кн_{1-1}$, $Кн_{1-2}$). Прервать воспроизведение в любом месте грам-

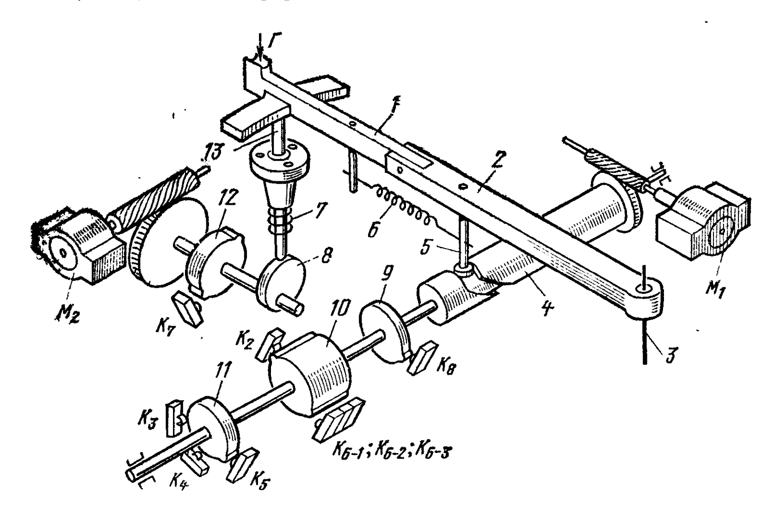
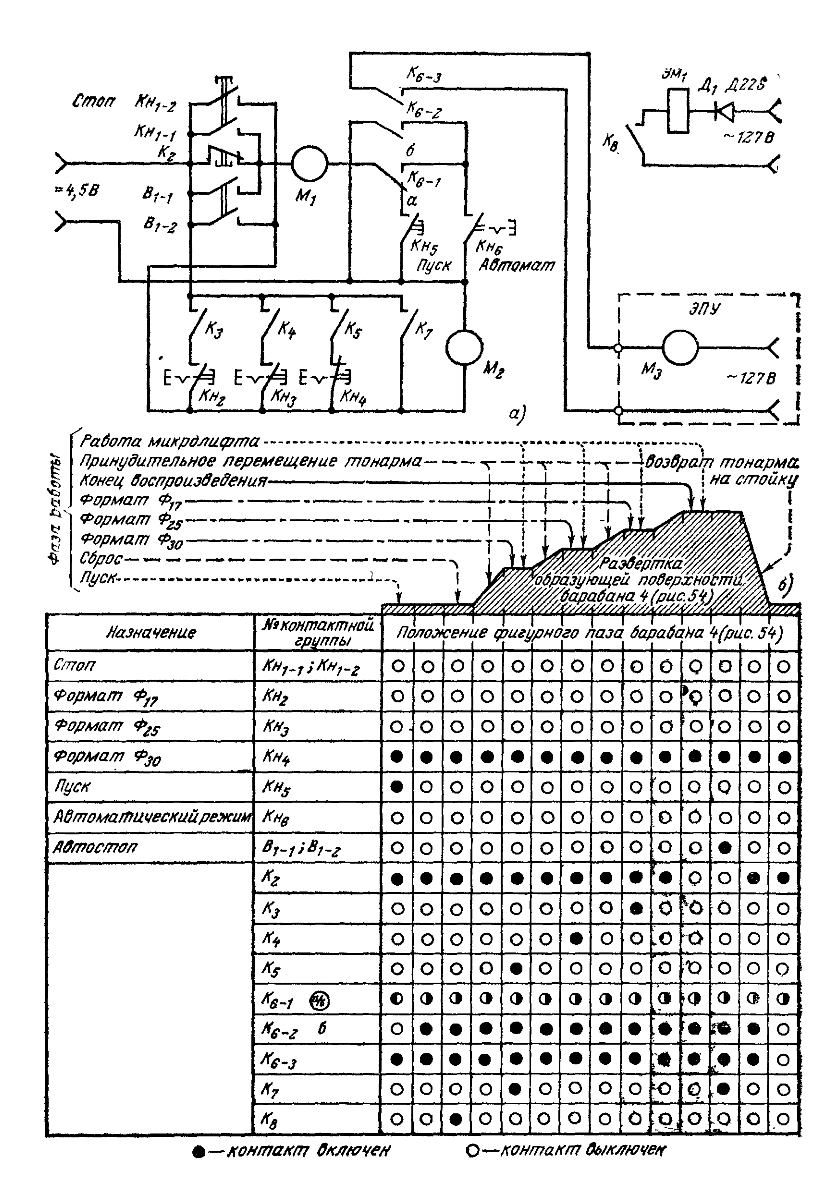


Рис. 54. Кинематическая схема манипулятора.

пластинки можно нажатием кнопки *Стоп*, в результате чего манипулятор поднимет тонарм, отведет его к стойке за бортом пластинки и возвратит свой механизм в исходное состояние.

Двигатель $М_1$ через редуктор вращает командный узел, состоящий из барабана *4* и трех кулачков *9—11*. В фигурный паз, сделанный на наружной поверхности барабана *4*, входит палец *5*, закрепленный на рычаге *2* манипулятора. Рычаг поворачивается в горизонтальной плоскости вокруг вала *3*. С рычагом *2* шарнирно соединен поводок *1*, свободный конец которого опирается на шток *13* микролифта и служит опорой тонарма. Для надежного контакта между штоком *13* и поводком *1* предназначена пружина *6*.

Микролифт приводится в движение электродвигателем $М_2$, вращение которого через редуктор передается эксцентрику *8* и кулачку *12*. Пружиной *7* шток *13* микролифта прижимается к эксцентрику *8*. Кулачок *12* воздействует на выключатель самоблокировки $К_7$, электродвигателя $М_2$. Выступ кулачка размыкает выключатель $К_7$, после чего двигатель обесточивается. Новое включение двигателя осуществляется кнопкой *Стоп* ($Кн_{1-1}$; $Кн_{1-2}$) или автостопом ($В_{1-1}$; $В_{1-2}$).



Назначение	№ контактной группы	Положение фигурного паза барабана 4 (рис. 54)													
Стоп	$Кн_{1-1}$; $Кн_{1-2}$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Формат $Ф_{17}$	$Кн_2$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Формат $Ф_{25}$	$Кн_3$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Формат $Ф_{30}$	$Кн_4$	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Пуск	$Кн_5$	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Автоматический режим	$Кн_6$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Автостоп	$В_{1-1}$; $В_{1-2}$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○
	$К_2$	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●
	$К_3$	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
	$К_4$	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	$К_5$	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	$К_{6-1}$ (аб)	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
	$К_{6-2}$ б	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	$К_{6-3}$	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	$К_7$	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○	○
	$К_8$	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● — контакт включен ○ — контакт выключен

Рис. 55. Принципиальная схема манипулятора (*а*) и диаграмма перемещения его рычага (*б*) в зависимости от включения контактных групп. Горизонтальные площадки на диаграмме соответствуют остановке рычага (деталь *2* на рис. 53).

Нажимаем кнопку *Пуск* (*Кн*$_5$), включается электродвигатель M_1 (см. диаграмму на рис. 53, *б*). Кулачок *10* переключает контакты K_{6-1} и K_{6-2} в режим самоблокировки цепи питания двигателя M_1. Рычаг *2* в это время неподвижен, так как палец *5* скользит в канавке барабана *4* на участке, где паз параллелен торцу барабана. После осуществления самофиксации цепи питания кулачок *9* кратковременно воздействует на контакт K_8, включая электромагнит сбрасывания *Эм*$_1$.

После сбрасывания пластинки на диск ЭПУ палец *5* выходит на криволинейную часть паза барабана *4* и перемещает рычаг *2* с поводком *1* в горизонтальной плоскости. Вместе с поводком *1* перемещается опирающийся на него тонарм.

Над вводными канавками пластинок формата Φ_{30}, Φ_{25} и Φ_{17} звукосниматель тонарма останавливается, поскольку в точках, соответствующих этим форматам, палец *5* следует по участкам паза барабана *4*, перпендикулярным оси вращения, а кулачок *11* воздействует на контакты K_3—K_5, включенные в цепь питания электродвигателя M_2 микролифта. Цепь питания для M_2 замкнется в зависимости от того, какая из кнопок (*Кн*$_3$—*Кн*$_5$) переключателя формата нажата (на схеме рис. 57, *а* включен формат Φ_{30}). При подаче питания на электродвигатель M_2 шток *13* начинает опускаться, а вместе с ним опускается поводок *1* с опирающимся на него тонармом. Игла звукоснимателя входит в контакт с пластинкой, а шток *13* после кратковременного спуска вниз останавливается, так как кулачок *12* через переключатель K_7 обесточивает двигатель микролифта. В таком положении поводок *1* не касается трубки тонарма.

Во время работы микролифта продолжает работать и электродвигатель M_1, вращающий барабан *4*. Однако рычаг *2* в это время неподвижен, поскольку палец *5* находится на соответствующих участках паза в барабане *4*. Дойдя до крайнего положения *А* (см. диаграмму на рис. 55), рычаг *2* останавливается, а кулачок *10* разрывает контакты K_2 и двигатель M_1 обесточивается.

Новое включение двигателя произойдет под воздействием автостопа, когда звукосниматель выйдет на выводную канавку записи. Автостоп замыкает контакты B_{1-1}, B_{1-2} и включает электродвигатели M_1 и M_2. Двигатель микролифта поднимает шток *13* вверх и опора поводка *1* поднимет тонарм над пластинкой, а палец *5* передвинет рычаг *1* в положение, в котором тонарм сместится за борт пластинки. Система устанавливается в исходное положение, и кулачок *10* воздействует на контакты K_{6-1}, K_{6-2}, снимая напряжение с электродвигателя M_1, т. е. выключает манипулятор. Если нажата кнопка *Кн*$_6$ (*Автомат*), напряжение с двигателя M_1 не снимется и цикл работы манипулятора будет повторяться.

Как можно было заметить, описанный манипулятор соединяется с обычным ЭПУ только двумя парами проводов: от контактной группы автостопа и от контактов K_{6-3}, включенными в цепь питания двигателя ЭПУ. Совместно с манипулятором можно применить описанный ранее фотоэлектрический автостоп, срабатывающий в зависимости от положения тонарма. Такой автостоп целесообразно разместить на корпусе манипулятора.

Для манипулятора можно использовать электродвигатели от детских игрушек (ДП-4, ДП-10 и др.) или малогабаритные двигатели постоянного тока, применяемые в автоматических устройствах (ДП-1-13, ДПМ-25 и др.) мощностью 1—1,5 Вт. Желательно, чтобы

двигатели имели минимальное число оборотов. Это упрощает редуктор, снижает шум, возникающий в работающем манипуляторе.

При изготовлении редуктора для привода манипулятора могут возникнуть затруднения. В этом случае следует отказаться от варианта редуктора с зубчатыми или червячными колесами и сделать винтовой редуктор. Для этого на оси электродвигателя укрепляют винтовую шпильку с мелкой резьбой, а гайка на этой шпильке выполняет роль каретки манипулятора. Микролифт может быть выполнен аналогичным образом (см. рис. 48). Коммутирующие контакты следует расположить на пути движения гайки-каретки, а возвратно-поступательное движение каретки осуществить за счет реверсирования электродвигателя.

Описанный манипулятор позволяет воспроизводить комплект одногабаритных пластинок. Чтобы проиграть стопку пластинок разного габарита, манипулятор должен быть оснащен программным блоком. Такое устройство расширяет эксплуатационные возможности манипулятора, делая его практически универсальным. Программный блок можно изготовить с применением шаговых искателей или используя логические блоки электронных коммутаторов.

Возможны и другие варианты манипуляторов [4]. Как правило, их работой управляют не сложные механические системы, а коммутационные блоки различных электрических цепей. Электрическая коммутация значительно проще механической. При этом появляется возможность, не переделывая ЭПУ, постоянно совершенствовать конструкцию манипулятора. Например, электродвигатели и редукторы манипулятора можно заменить электромагнитами клапанного типа с храповичками. Электромагниты можно включать простейшим транзисторным мультивибратором, частота следования импульсов которого будет определять скорость работы манипулятора. Изменяя частоту мультивибратора (0,5—10 Гц), можно регулировать скорость смены пластинки.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРОИГРЫВАТЕЛЬ

Предлагаемый проигрыватель-автомат позволяет последовательно воспроизводить запись с десяти пластинок с наружным диаметром 174 мм и диаметром центрального отверстия 7 или 38 мм. Возможно многократное автоматическое проигрывание одной и той же пластинки, а также воспроизведение записи при ручном управлении проигрывателем. Скорость вращения диска проигрывателя 45 или 33 $1/3$ об/мин устанавливается с помощью потенциометра, изменяющего напряжение питания двигателя. Размеры автоматического проигрывателя составляют 285×200×55 мм.

Работа автоматического проигрывателя. Перед включением проигрывателя на центральную стойку ведущего диска, состоящую из деталей *1—4* (рис. 56), укладывают десять пластинок. Борт нижней пластинки опирается на вылет *а* стойки *9* узла сбрасывания. Одну пластинку устанавливают непосредственно на диск *41*.

При включении проигрывателя движение от вала двигателя передается на ведущий диск *41*, а с него на обрезиненную втулку *11*, связанную с распределительным диском *38*. Диск *38* управляет механизмом автоматической смены пластинок. Пока звукосниматель идет по звуковой дорожке пластинки, вырез на рифленом бортике

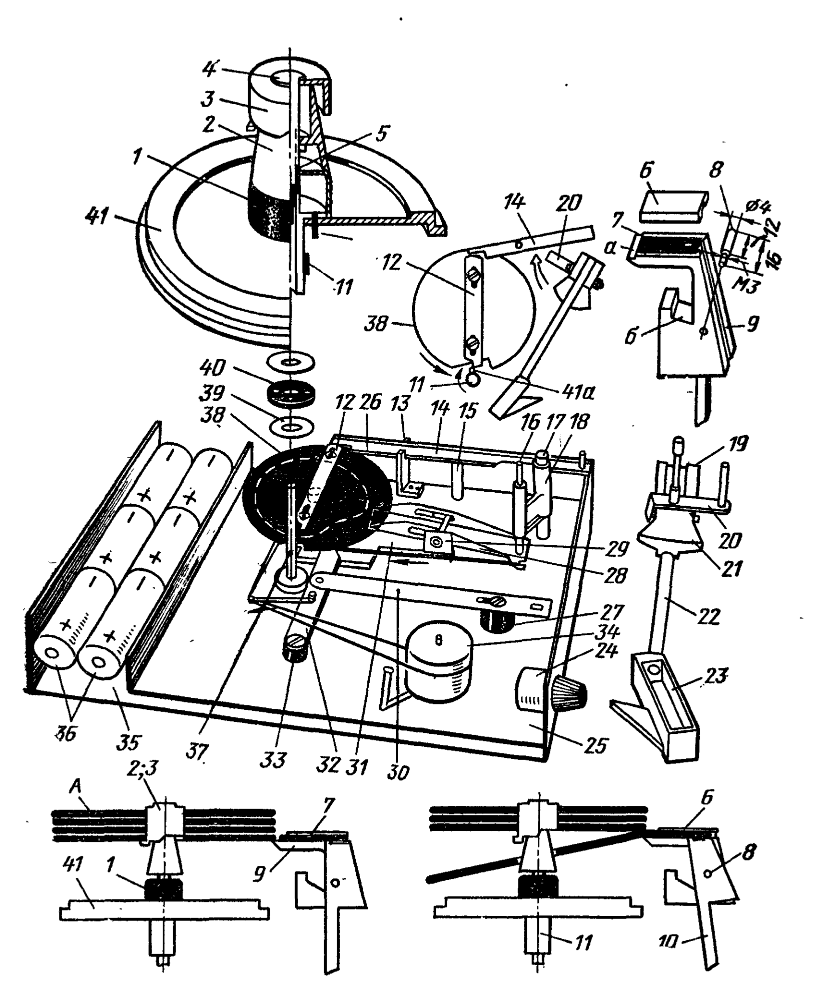


Рис. 56. Конструкция простого автоматического проигрывателя.

1 — стакан; *2—4* — детали центральной стойки ведущего диска; *5* — насадка; *6* — накладка; *7* — толкатель; *8* — ось; *9* — стойка сбрасывания пластинок; *10* — рычаг сбрасывания пластинок; *11* — обрезиненная втулка; *12* — планка; *13* — лапка; *14* — рычажок; *15* — втулка; *16* — толкатель; *17* — втулка; *18* — обойма; *19* — противовес; *20* — кронштейн; *21* — обойма; *22* — трубка; *23* — корпус звукоснимателя; *24* — потенциометр; *25* — шасси; *26* — палец на рычаге *28*; *27* — шайба; *28* — рычаг; *29* — ось; *30* — планка; *31* — планка с втулкой; *32* — планка с буксой; *33* — шайба; *34* — двигатель; *35* — нижняя панель корпуса; *36* — источник питания; *37* — вал; *38* — распределительный диск; *39* — шайбы; *40* — подпятник; *41* — ведущий диск.

распределительного диска находится точно против обрезиненной втулки *11* и диск не вращается. Как только игла звукоснимателя выйдет на выводную канавку пластинки, кронштейн *20* коснется рычажка *14* и повернет его вокруг оси во втулке *15*. При этом рычажок *14* сдвинет расположенную на диске *38* планку *12*, которая выйдет за вырез в рифленом бортике диска 38 и окажется на пути штифта *41 а*, запрессованного в ведущий диск проигрывателя.

При вращении ведущего диска штифт, упираясь в планку *12*, разворачивает распределительный диск *38* на 10—15°; рифленый бортик этого диска входит в зацепление с обрезиненной втулкой *11* и диск *38* начинает вращаться. Следуя по образующей кулачка диска *38*, палец *26* поднимает конец рычага *28*, тот — шток микролифта *16*, который, упираясь в обойму *21* тонарма, поднимает звукосниматель над пластинкой. При дальнейшем вращении диска *38* рычаг *28* смещается вправо, увлекая за собой шток *16*, а вместе с ним и тонарм. По окончании этого перемещения тонарм оказывается над выемкой *6* в стойке *9* и ложится на стойку. В этот момент штифт на распределительном диске *38* коснется планки *32* и сместит ее вправо. Эта планка в свою очередь воздействует на планку *30*, а последняя — на рычаг сброса *10*. Развернувшись на некоторый угол вокруг вала *8*, рычаг сброса передвигает влево толкатель *7*, который упирается в край пластинки и сдвигает ее влево. Пластинка теряет опору на стойке *9* и выступе стойки *2—4* над ведущим диском *41* и падает вниз. В это время штифт *38а* (см. рис. 59) на диске *38* выходит из зацепления с планкой *32* и под действием резиновой тяги вся система сбрасывания переходит в исходное состояние. Под тяжестью собственной массы оставшиеся пластинки опускаются по стойке (детали *2—4*) вниз до соприкосновения со стойкой *9* и с выступом на детали *3*.

Продолжая вращение, распределительный диск *38* снова поднимает конец рычага *28*, а вместе с ним шток *16*, который, упираясь в обойму *21*, выводит тонарм из выемки в стойке *9*. Под действием кулачка на диске *38* рычаг *28* смещается влево и его конец опускается. Связанный с ним через шток *16* тонарм также сдвигается влево, останавливается над началом записи и опускается на пластинку. Цикл смены пластинки соответствует полному обороту распределительного диска *38*. Одновременно вырез в рифленом бортике этого диска вновь оказывается против обрезиненного пояска втулки *11*. Диск *38* перестает вращаться, и звукосниматель тонарма свободно идет по звуковой канавке пластинки. Теперь цикл повторится вновь только после того, как звукосниматель выйдет на выводную канавку пластинки.

Корпус проигрывателя выполнен из двух гнутых П-образных панелей, окрашенных автонитроэмалью в два цвета (рис. 57). Сквозь отверстия в верхней панели *14* проходят ведущий диск *41*, палец *14а* рычага включения автомата *14*, рычаг сброса *10* и втулка *17* с обоймой *18*. К нижней панели *35* крепят шасси *25* и ножки *45* корпуса. Между боковой стенкой шасси и нижней панелью корпуса образуется отсек для источника питания. На шасси размещены двигатель проигрывателя и все его функциональные узлы.

Двигатель ДП-10 (от детских электрифицированных игрушек) приводит в движение диск проигрывателя, а также все узлы и детали устройства автоматической смены пластинок. Для снижения акустического шума его следует поместить в металлический стакан и залить эпоксидной смолой, не допуская, однако, проникновения

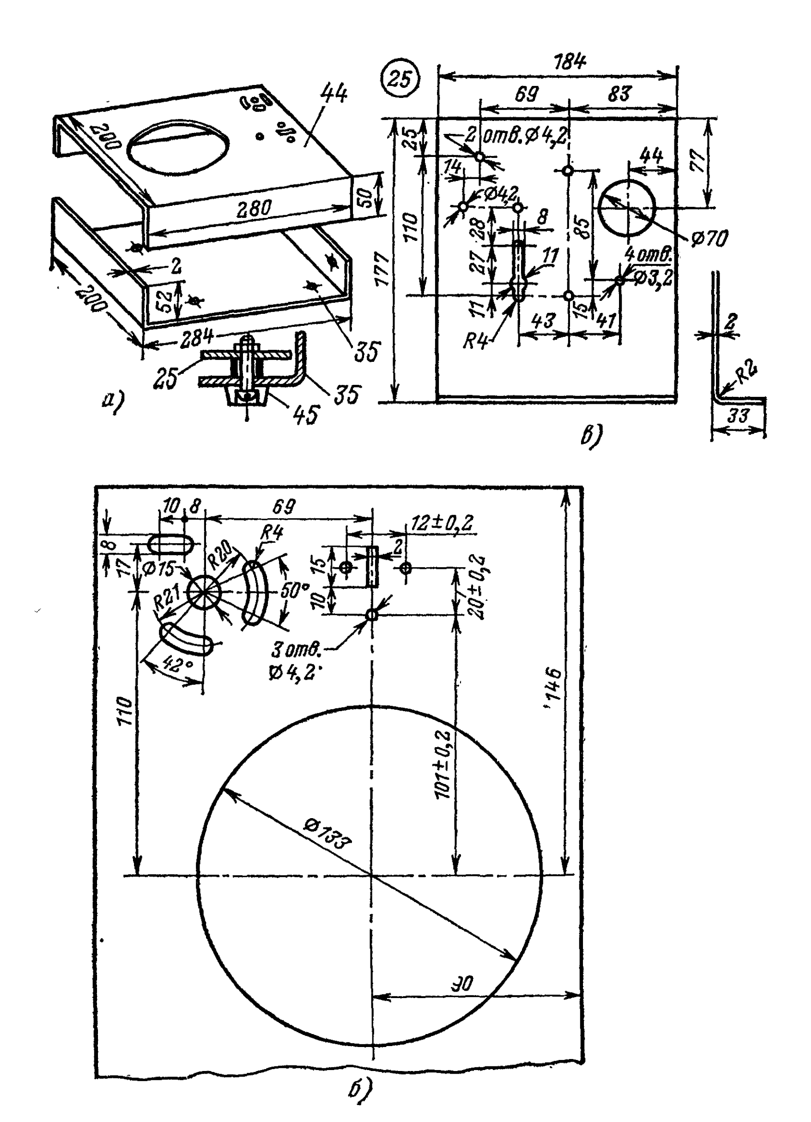


Рис. 57. Детали корпуса проигрывателя.

а — корпус; *б* — разметки верхней панели корпуса; *в* — шасси проигрывателя.

смолы внутрь двигателя. Снаружи стакан необходимо оклеить губчатой резиной толщиной 5—8 мм [1].

Следует отметить, что замена двигателя ДП-10 на специальный двигатель (типа 4ДКС-8, ДРВ-0,1 или БДС-0,2), применяемый в звуковоспроизводящих устройствах, позволяет повысить качество работы автоматического проигрывателя.

Узел ведущего диска (рис. 58) служит для установки на ЭПУ пластинки. При помощи трех винтов М2,5×4 мм диск *41* укреплен на бронзовой втулке *11*, на которой клеем БФ-2 или № 88 закреплено резиновое кольцо шириной 12 мм с наружным диаметром 13 мм. Это кольцо служит для передачи вращения распределительному диску *38* (см. рис. 59). Сквозь диск *41* проходит штифт диаметром 3 мм и длиной 20 мм. Собранный диск *41* надевают на стальной каленый вал *37*, закрепленный на шасси *25* одним винтом М3×8 мм. Чтобы уменьшить потери на трение, между торцом втулки *11* и опорным фланцем вала *37* помещен подпятник *40* с тремя шариками диаметром 3 мм. Для предотвращения осевого перемещения диск *41* запирается на валу *37* насадкой *5*. Насадку ввертывают в ось *37*, предварительно резьбовую часть ее аккуратно смазывают нитрокраской НЦ или спиртовым раствором канифоли (канифольный лак) так, чтобы смазка не попала между валом *37* и втулкой *11*. Стакан *1* устанавливают на диск *41* только при проигрывании пластинок с внутренним отверстием диаметром 38 мм.

Узел распределительного диска (рис. 59 и 60) управляет всей работой автоматического механизма. Распределительный диск *38* вращается на валу *43*, на котором он закреплен запорной шайбой, вставленной в специальную проточку. Вал *43* крепят к планке *31* гайкой М3. Между планкой и гайкой на резьбовую часть вала установлена втулка *31а*. Снизу диска находятся пространственный кулачок сложной формы и штифт диаметром 3 мм. От точности выполнения кулачка зависит четкость работы всего механизма. Ошибка в координатах расположения штифта приводит к непрерывной работе механизма сбрасывания пластинки. Особое внимание следует обратить на чистоту обработки рабочей кромки кулачка. Ее поверхность должна быть гладкой, без заусениц и шероховатостей.

На распределительном диске *38* имеются две бобышки, на которых двумя винтами М2×6 мм закреплена подвижная планка *12*, свободно перемещающаяся по диаметру диска. На планке *31* с помощью вала *29* укреплен рычаг *28* с запрессованным в него пальцем *26*. На одном конце этого рычага имеется паз шириной 2 мм. В нем проходит резиновая тяга, закрепленная на выступе планки *31* под распределительным диском *38*. За этот же выступ крепится вторая резиновая тяга — от планки *32* механизма сбрасывания пластинки. Натяжение резинового кольца (тяги) выбрано таким, чтобы палец *26* был постоянно прижат к образующей кулачка распределительного диска.

При повороте диска рычаг *28* перемещается как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Характер его движения определяется конфигурацией кулачка распределительного диска. Планку *31* устанавливают на шасси *25* таким образом, чтобы втулка *31а* вошла в паз шасси. Винт *46*, проходя через отверстия диаметром

[1] Доработка двигателя ДП-10 для применения его в устройствах звукозаписи описана автором в журнале «Радио», 1970, № 10, с. 47—48.

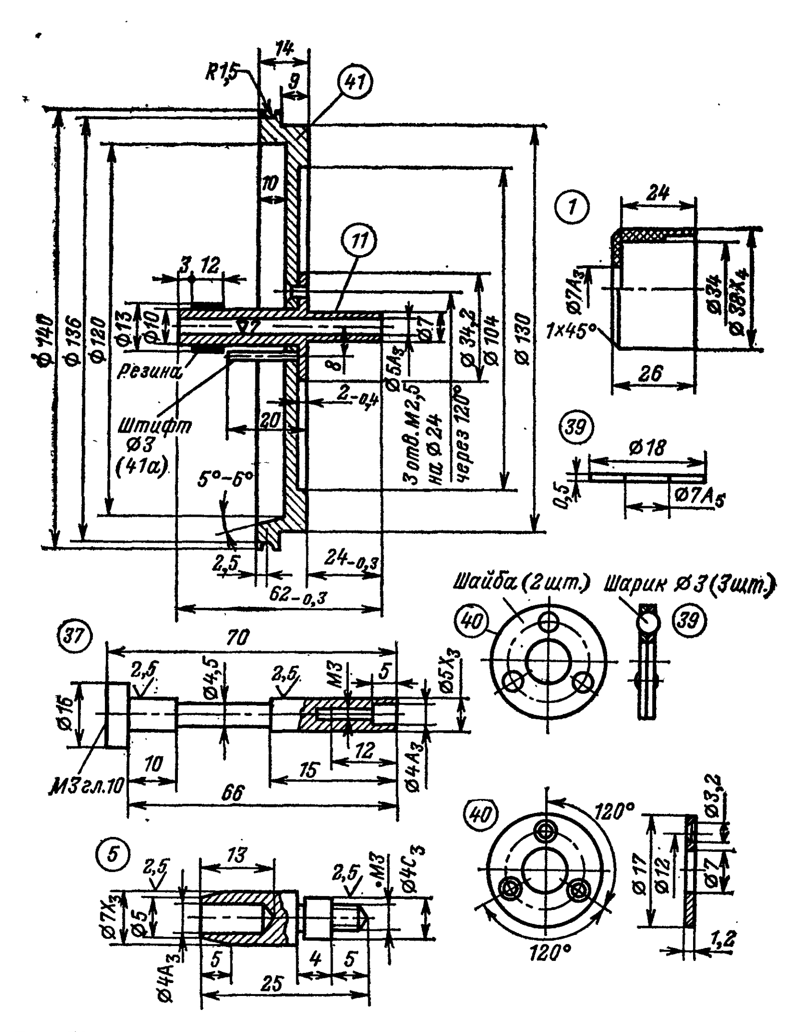


Рис. 58. Детали узла ведущего диска.

1 — стакан, сплав Д16, красить, 1 шт.; *5* — насадка; Ст45, вороннть, 1 шт.; *11* — обрезиненная втулка; бронза, хромировать, 1 шт.; *37* — вал, Ст45, калить HRC 40-42; *39* — шайба подпятника, Ст65Г, лента 0,5 мм, 2 шт.; *40* — подпятник, текстолит, 1 шт.; *41* — ведущий диск, сплав Д16Тв, анодировать 1 шт.

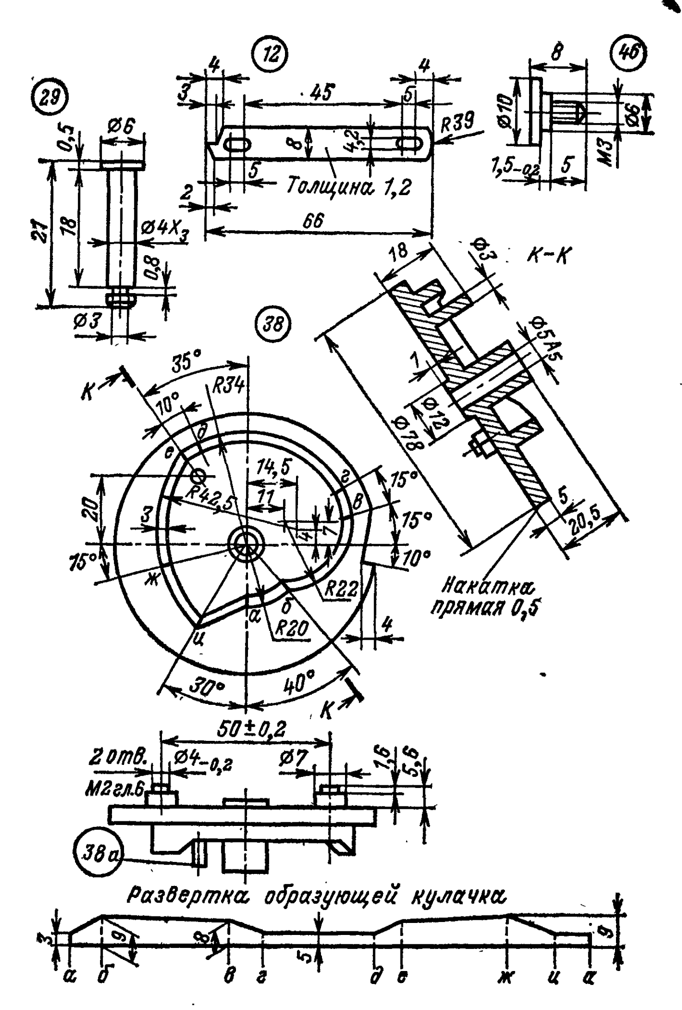


Рис. 59. Детали узла распределительного диска.

12 — планка, Ст3, лист 1,2, цинковать, 1 шт.; *29* — вал, СтА12, 1 шт.; *38* — распределительный диск, сплав Д16Т, анодировать, 1 шт.; *46* — винт, Ст3, цинковать, 2 шт.

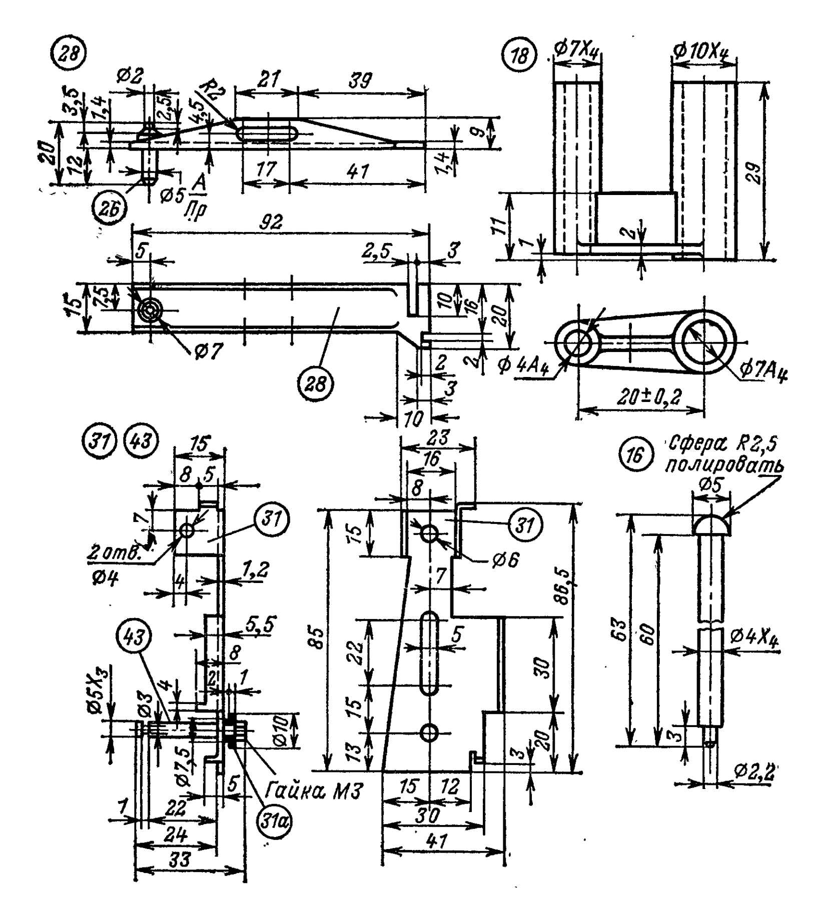


Рис. 60. Детали узла распределительного диска.

16 — шток микролифта, Ст3, хромировать, 1 шт.; *18* — обойма, сплав Д16Т, анодировать, 1 шт.; *26* — палец, Ст3, цинковать, 1 шт.; *28* — рычаг, Ст3, лист 1,4, гнуть радиусом R=0,5 мм, цинковать, 1 шт.; *31* — планка, Ст3, лист 1,2, цинковать, 1 шт.; *31а* — втулка, латунь ЛС-59-1, 1 шт.; *43* — вал, Ст3, цинковать, 1 шт.

6 мм на планке *31* и диаметром 3 мм на шасси *25*, обеспечивает подвижное крепление планки к шасси, поэтому планка *31* поворачивается на небольшой угол вокруг винта *46*. После установки рычага *28* на планку *31* вал *29* укрепляют с помощью запорной шайбы. На рычаге *28* имеется паз шириной 2,5 мм и длиной 10 мм, в который входит толкатель *16*. Под действием этого толкателя тонарм опускается на начало дорожки, поднимается над пластинкой по окончании проигрывания и переносится в исходное положение (в углубление стойки *9*). Толкатель *16* свободно перемещается в осевом направлении в обойме *18*, которая в свою очередь легко поворачива-

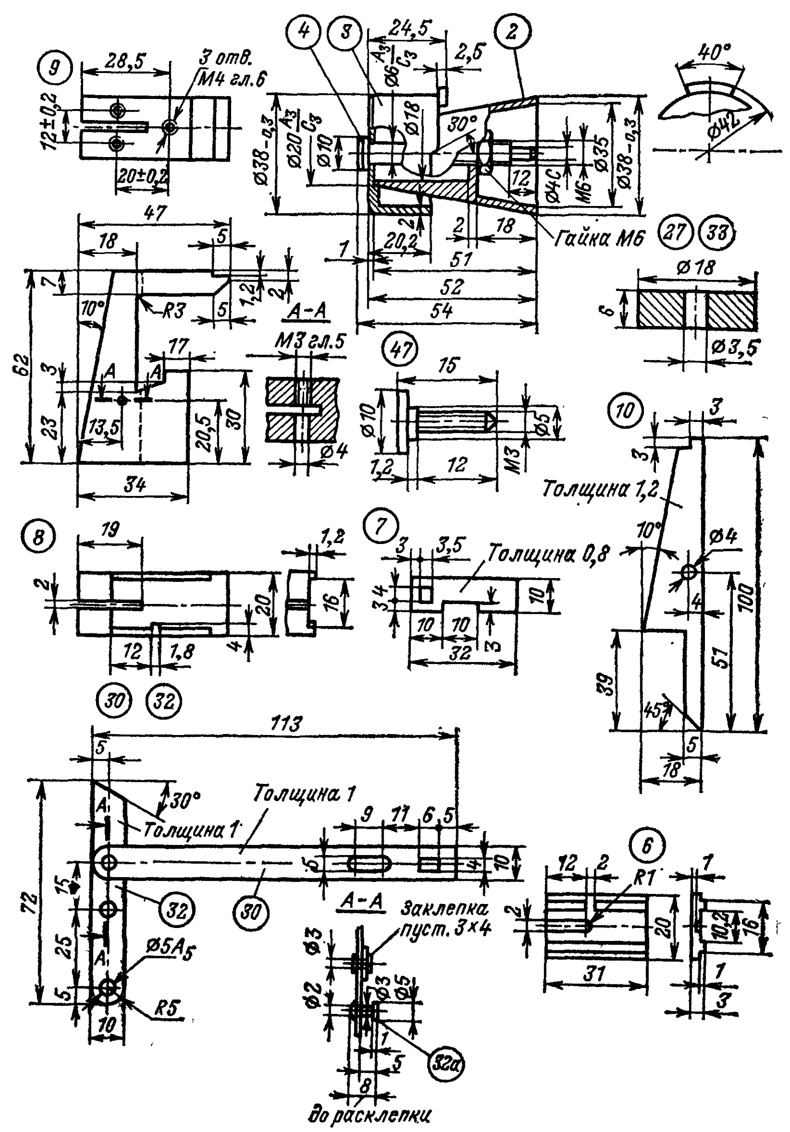


Рис. 61. Детали узла сбрасывания.

2, 3, 4 — детали центральной стойки (*2, 3* — сплав Д16Тв, красить; *4* — Ст45, калить HRC 50-52; на диаметре 4С сделать паз шириной 1 мм на длину 10 мм, хромировать, 1 шт.); *6* — накладка, сплав Д16Тв, лист 3, красить, 1 шт.; *7* — толкатель, Ст3, лист 0,8, 1 шт.; *8* — вал, Ст45, 1 шт.; *9* — стойка, сплав Д16Тв, красить, 1 шт.; *10* — рычаг сбрасывания пластинки, Ст3, лист 1,2, 1 шт.; *30* — планка, Ст3, лист 1, цинковать, 1 шт.; *32* — планка, Ст3, лист 1, цинковать, 1 шт.; *32а* — букса, Ст3, цинковать, 1 шт.; *27, 33* — шайбы, сплав Д16Тв, анодировать; *47* — винт специальный, Ст3, цинковать, 1 шт.

ется вокруг латунной втулки *17*, жестко закрепленной на шасси *25* с помощью специальной гайки (с резьбой М8×1).

В узел сбрасывания пластинки (рис. 61) входят две планки *30* и *32*, шарнирно соединенные пустотелой заклепкой ⌀3×8 мм. В отверстие диаметром $5A_3$ проходит винт *47*, крепящий планку *32* к шайбе *33* и шасси *25*. Второй такой же винт проходит через паз планки *30*, скрепляя ее с шайбой *27* и шасси *25*. В обоих случаях винты *47* обеспечивают подвижное соединение планок с шасси. К планке *32* прикреплена букса *32а*, за которую зацеплено резиновое кольцо. Другой конец кольца надет на выступ планки *31*. Эта резиновая тяга приводит весь механизм узла сбрасывания пластинок в исходное состояние.

На верхней панели корпуса проигрывателя с помощью трех винтов М4×6 мм укреплена стойка *9*. В специальном пазу стойки расположен рычаг сбрасывания *10*, поворачивающийся вокруг вала *8* (рис. 56). Своим нижним концом рычаг входит в паз размером 6×4 мм на планке *30*. Верхний конец рычага *10* входит в паз размером 4×3,5 мм толкателя *7*, который лежит в углублении стойки *9* и закрыт накладкой *6*, приклеенной к стойке *9* клеем БФ-2. При сборке необходимо обеспечить хорошую подвижность деталей *7*, *10*, *30* и *32*, входящих в узел сбрасывания пластинок. В виде самостоятельного съемного узла в механизм сбрасывания входит стойка из деталей *2—4*. Эта стойка используется в том случае, если проигрываются пластинки с диаметром центрального отверстия 38 мм. Для пластинок с центральным отверстием диаметром 7 мм применяют специальный шпиндель (деталь *11* на рис. 23).

Узел тонарма (рис. 62). В автоматическом режиме работы после окончания проигрывания пластинки автоматический механизм включается тонармом. Он подвижно закреплен на кронштейне *20*, конструкция которого со всеми входящими в него деталями представлена на рисунке. Вал диаметром 4 мм и длиной 64 мм фиксируется во втулке *17* запорной шайбой. Он обеспечивает свободное перемещение тонарма в горизонтальной плоскости. Вокруг вала диаметром 3 мм, проходящим через обойму *21*, тонарм может поворачиваться в вертикальной плоскости. Стойка длиной 27 мм управляет перемещением рычажка *14* пускового механизма. Собственно тонарм состоит из тонкостенной полированной трубки *22*, на одном конце которой с помощью клея БФ-2 укреплен держатель *23* головки звукоснимателя. Другой конец трубки с помощью двух винтов М2×6 мм привинчивают к обойме *21*. Между выступом обоймы и трубкой *22* располагается противовес *19*, который с небольшим усилием может передвигаться вдоль трубки, уменьшая или увеличивая прижимную силу звукоснимателя. Внутри трубки проходит провод от головки звукоснимателя, эластичность которого во многом определяет степень подвижности тонарма. В случае, если провод окажется чрезмерно жестким, игла звукоснимателя не сможет следовать по звуковой канавке.

Для звукоснимателя можно применить имеющуюся в продаже головку ГЗК-661. Вместо самодельного тонарма можно использовать промышленный тонарм, например, от электропроигрывателя 11-ЭПУ52, но это потребует изменения деталей кронштейна *20* и других деталей, а также доделки самого тонарма.

Пусковой механизм предназначен для включения всего механизма автомата. Этот узел (рис. 63) состоит из рычажка *14*, вращающегося во втулке *15*, жестко закрепленный винтом М4×6 мм на

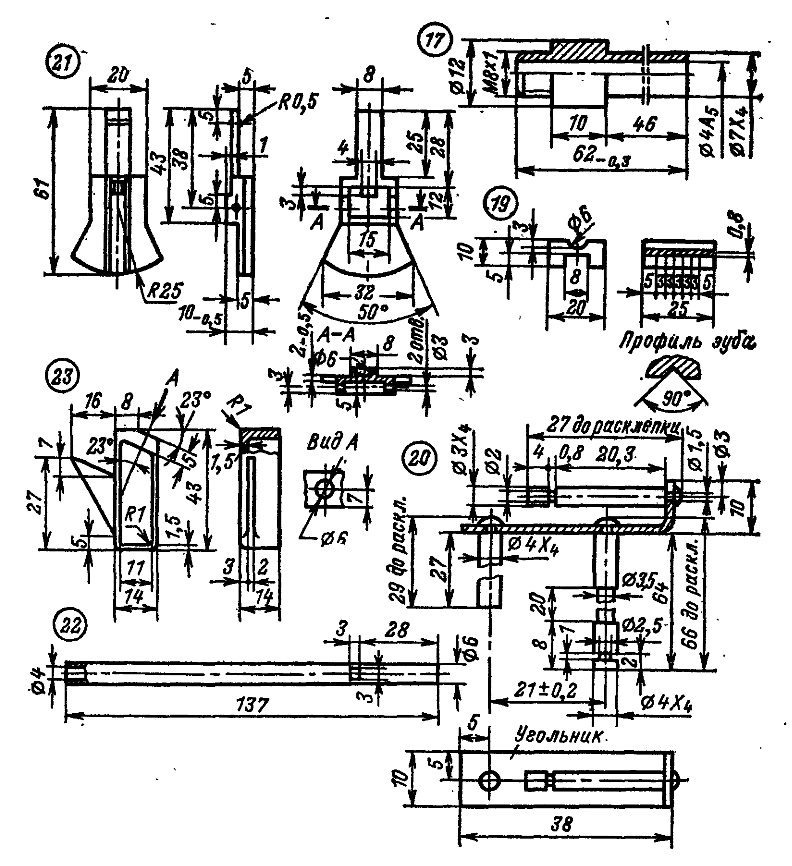


Рис. 62. Детали тонарма.

19 — противовес, Ст3, красить, 1 шт.; *20* — кронштейн, 1 шт.; вал — Ст3, цинковать; угольник, Ст3, лист 1,4, хромировать; *21* — обойма, сплав Д16, красить, 1 шт.; *22* — трубка, латунь Л-62, трубка 6×0,5 мм, полировать и хромировать, 1 шт.; *23* — держатель головки звукоснимателя, сплав Д16Т, красить, 1 шт.

шасси. К одному концу рычажка приклепан палец диаметром 4 мм, который проходит через специально сделанный паз в верхней панели *44* и выступает над корпусом. Передвигая этот палец от себя, можно вручную включить механизм автомата. Перемещение рычажка *14* ограничивается лапкой *13* с пазом на одном из концов. В этом пазу свободно лежит рычажок *14*, а бортики паза ограничивают его передвижение. Степень свободы рычажка *14* определяет четкость включения и выключения распределительного диска *38*.

Регулировка автомата. При точном выполнении всех деталей проигрывателя автомат не требует особой регулировки. Она сводится в основном к отладке узла распределительного диска, который

должен быть закреплен на шасси таким образом, чтобы в момент включения автомата кромка диска *38* имела надежное сцепление со втулкой *11*. Только тогда, когда против втулки оказывается вырез в диске *38*, последний должен выходить из зацепления с диском *41*. Место крепления втулки *15*, служащей опорой вала рычага *14*, должно быть выбрано таким образом, чтобы распределительный диск *38* включался при выходе звукоснимателя на выводную канавку.

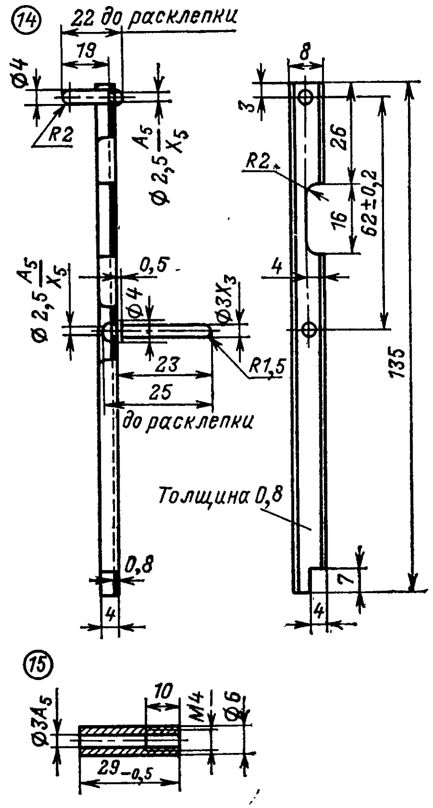


Рис. 63. Пусковой механизм.

Большое внимание следует обратить на место установки лапки *13* и ее размеры. В связи с возможными погрешностями при изготовлении деталей (планки *12*, рычага *14*, выреза в бортике диска *38*) может потребоваться подгонка размеров лапки *13* и места ее установки. Поэтому эту лапку следует изготовить при регулировке автомата.

После изготовления всех деталей проигрывателя желательно провести контрольную сборку автомата, отрегулировать его и только после этого окончательно отделать детали.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРОИГРЫВАТЕЛИ II КЛАССА НА БАЗЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАНЕЛИ II-ЭПУ-52

Автоматический проигрыватель, сконструированный автором на базе электропроигрывающего устройства II-ЭПУ-52, имеет два двигателя, один из которых служит для привода диска ЭПУ, а второй— для привода автоматического блока. Такое решение упрощает кинематику автомата. Микролифт, встроенный в панель II-ЭПУ-52, также упрощает конструкцию автоматического блока.

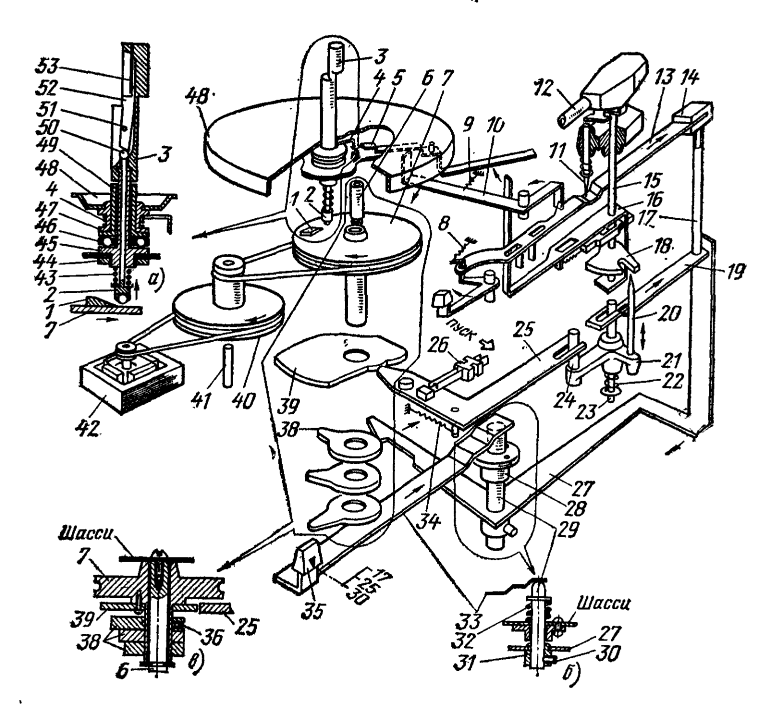


Рис. 64. Конструктивная схема автоматического проигрывателя на базе панели II-ЭПУ-52.

Конструкция блока автоматики. Кинематическая схема автоматического проигрывателя показана на рис. 64. В ЭПУ был переделан только шпиндель диска и снят экран, установленный под панелью у вала тонарма. Вместо выпрессованного шпинделя в ЭПУ установлен механизм сбрасывания (рис. 64, *а*). К скобе на панели ЭПУ вместо экрана прикрепляется шасси автоматического блока. Сам блок можно представить в виде пяти функциональных узлов: привод с системой передачи, механизм управления, стыковочный узел, переключатель формата пластинок, механизм сбрасывания пластинок.

Привод и система передачи предназначены для приведения в движение всех узлов автоматического блока. В качестве двигателя *42* использован электродвигатель ЭДГ-1 (может быть применен любой двигатель с частотой вращения 2000—3000 об/мин). От двигателя пассиком вращение передается на ступенчатый шкив *40*, легко вращающийся на валу *41*. Двигатель и вал *41* неподвижно укреплены на шасси автоматического блока. Шкив *40* необходим для снижения числа оборотов на участке двигатель — узел управления.

Механизм управления является основным командным устройством (рис. 64, *в*) автоматического блока, управляющий последовательностью включения того или иного узла блока. Основу механизма составляет шкив *7*, легко вращающийся на валу *6*, неподвижно прикрепленному к шасси блока. На шкиве *7* с помощью винтов закреплен эксцентрик *39*, управляющий перемещением звукоснимателя *12* над пластинкой. Спуск звукоснимателя на пластинку одного из трех форматов (174, 250, 300 мм) производится тремя кулачками *38*, укрепленными на шкиве *7* с помощью стопорных винтов *36*. Наличие стопоров дает возможность точно регулировать момент воздействия кулачков на рычаг *27*, а последнего — на микролифт звукоснимателя.

Стыковочный узел предназначен для стыковки вала *15* звукоснимателя с командным механизмом при перемещении звукоснимателя над пластинкой. Узел состоит из кронштейна *21*, свободно посаженного на вал *23*, привинченный к шасси. Между шасси и кронштейном *21* находится изогнутая пластинка *19*, жестко соединенная при помощи тяги *17* и буксы *11* с микролифтом (детали *11* и *13*, *14*). Эта пластинка осуществляет осевое перемещение кронштейна *21*, благодаря которому стыковочный стержень *20* на кронштейне входит в контакт со специальным сектором *18*, неподвижно установленным на валу звукоснимателя ЭПУ. Штифт *24* на этом же кронштейне *21* находится в постоянном контакте с поводком *25*, с помощью которого на стыковочный узел передается команда от эксцентрика *39*. На поводке имеется букса, которая после полного цикла работы автоматического блока (один оборот эксцентрика *39*) нажимает на контакт *26* и разрывает цепь питания двигателя этого блока. Пружина *34* постоянно поджимает поводок *25* к эксцентрику *39*.

Переключатель формата пластинок обеспечивает спуск звукоснимателя на вводные канавки пластинок различного диаметра. Переключатель осуществляет регулируемую связь между кулачками *38* командного устройства и микролифтом ЭПУ. Взаимодействие деталей переключателя формата показано на кинематической схеме рис. 64, *а*; установка деталей на шасси видна из рис. 64, *б*. Основным элементом этого узла является рычаг *27*, связанный одним концом с кулачками *38* командного устройства, а другим — с микролифтом ЭПУ. К рычагу *27* прикреплена при помощи стопорного винта *30* втулка *31*, неподвижно закрепляющая рычаг *27* на валу *29*, который проходит через втулку *28*, установленную на шасси. Скругленный конец вала *29* под воздействием пружины *32* находится в постоянном контакте с фигурной планкой *33*, имеющей ручку *35*. Планка, поднимая или опуская вал *29* с рычагом *27*, подключает его к одному из трех кулачков *38*. При этом происходит перестройка момента опускания микролифта *11* в зависимости от формата пластинки.

Механизм сбрасывания пластинок (рис. 64, *а*) предназначен для удержания стопки пластинок над диском *48* ЭПУ и последователь-

ной подачи их на диск, укрепленный во втулке *47*, вращающейся на подшипнике *46*. Узел монтируют на панели и диске ЭПУ. Для его установки необходимо удалить из диска шпиндель и его втулку. Вместо втулки шпинделя ЭПУ устанавливают втулку *45*, которую крепят к панели при помощи гайки *44*. Вместо шпинделя в диск ЭПУ запрессовывают втулку *49*. На втулку *45* навинчивают коленчатый вал *3*, внутри которого находятся шарик *50* и рычажок *52*. В исходном состоянии рычажок *52* удерживает плоская пружина *53*, одним концом лежащая на рычажке, а другим неподвижно закрепленная на валу *3*. Через втулку *45* проходит толкатель *2*, на верхнем конце которого находится шарик *50*, а нижний конец при помощи пружины *43* контактирует со шкивом *7* командного устройства автоматического блока.

Принцип работы автоматического блока. Командой на включение этого блока служит срабатывание механизма автостопа ЭПУ. Как только звукосниматель выходит на выводную канавку пластинки, рычажок *16* сдвигает планку *5* так, чтобы ее конец оказывается на пути вращающегося вместе с диском спускового крючка *4* автостопа. Обладая достаточным моментом инерции, спусковой крючок резко увлекает планку *5* по ходу своего движения. Планка *5* упирается в рычаг *10* и, преодолевая усилие пружины *9*, слегка поворачивает рычаг вокруг оси. Повернувшись, рычаг *10* освобождает планку *13*, управляющую штоком *11* микролифта. Под действием пружины *8* планка *13* смещается в направлении стрелки. Шток *11* под воздействием изгиба на планке поднимается, упирается в звукосниматель *12* и поднимает его над пластинкой. Одновременно планка *13* передвигает планку *19*. В результате смещения планки *19* кронштейн *21* под действием пружины *22* поднимается вверх и его стыковочный стержень *20* входит в паз на секторе *18*. Таким образом, осуществляется жесткая стыковка звукоснимателя с автоматическим блоком. Кроме этих операций планка *13* замыкает еще контакт (на рис. 64 не показан) в цепи электродвигателя автоматического блока.

Таким образом, планка *13* включает микролифт ЭПУ, дает команду на стыковку автоматического блока со звукоснимателем и, наконец, включает двигатель этого блока.

Вращение вала двигателя передается шкиву *7* командного устройства. Эксцентрик *39* приходит во вращение и перемещает поводок *25*, движение которого передается кронштейну *21*, а от него — звукоснимателю. Характер этого движения весьма своеобразен и определяется формой эксцентрика *39*. Подчиняясь воздействию эксцентрика *39*, кронштейн *21* (а вместе с ним и звукосниматель) отходит в крайнее правое положение. При этом звукосниматель оказывается за бортом пластинки. В этот момент выступ *1* на шкиве *7* надавливает на шток *2* узла сбрасывания. Шток поднимается во втулке *45* и шариком *50* упирается в скос рычажка *52*. Рычажок поворачивается вокруг вала *51* и своим верхним концом смещает нижнюю в стопке пластинку влево (см. рис. 26, *б*). Центральное отверстие в этой пластинке совмещается с нижним коленом вала *3*, и пластинка, потеряв опору, опускается на диск ЭПУ. К этому моменту выступ *1* на шкиве *7* перемещается в сторону и перестает воздействовать на шток *2*. Пружина *43* опускает шток *2* вниз. Вместе с ним опускается шарик *50*, а пружина *53* возвращает рычажок *52* в исходное положение и его верхний конец смещается вправо. Стопка пластинок на верхнем колене вала *3* оседает вниз до упора с вы-

ступом, и головка рычажка *52* входит в центральное отверстие нижней пластинки (см. рис. 26, *а*). Цикл сбрасывания окончен.

Во время этого цикла тонарм находился в крайнем правом положении в неподвижном состоянии. Как только пластинка легла на

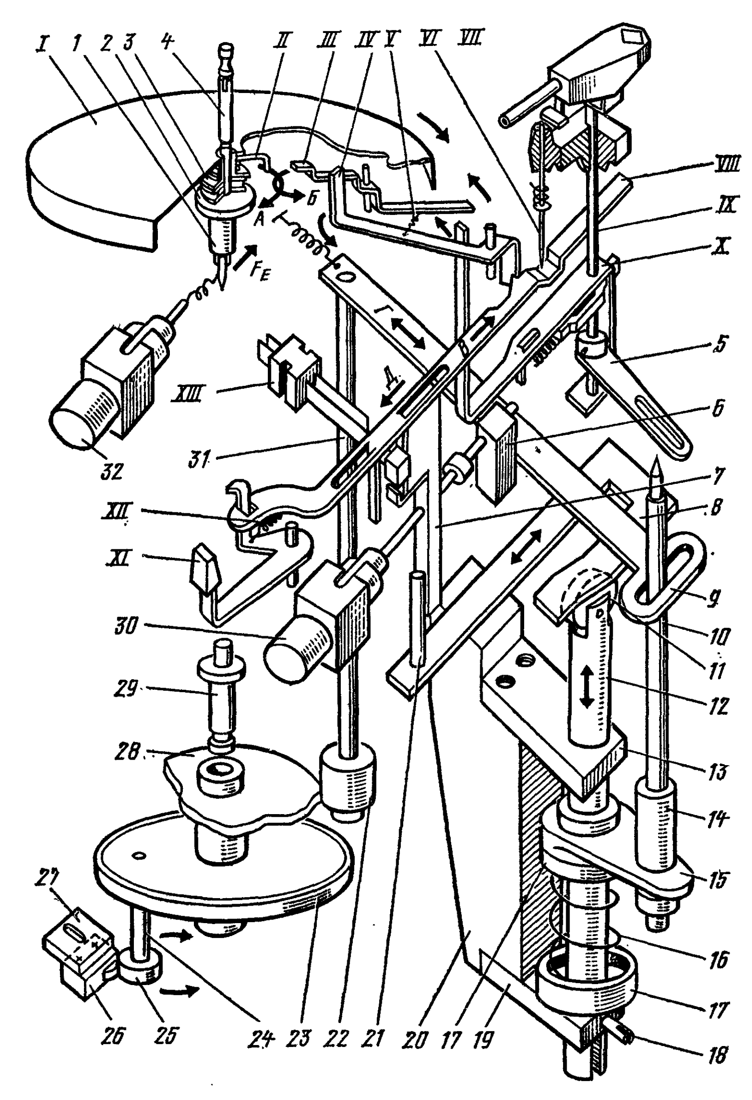
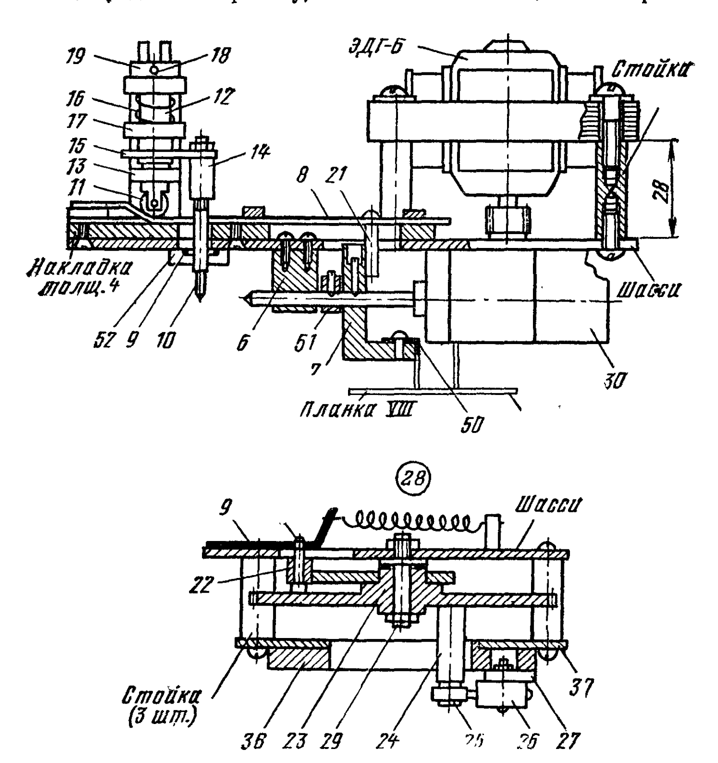


Рис. 65. Конструктивная схема автоматического проигрывателя. Рим-II-ЭПУ-52. Стрелки указывают направление перемещения деталей.

диск, тонарм, ведомый поводком *25*, начинает двигаться влево и останавливается над точкой, соответствующей вводной канавке пластинки диаметром 300 мм. Если переключатель формата настроен на пластинку диаметром 250 мм, то тонарм после непродолжительной остановки в этой точке смещается в новое положение, соответствующее вводной канавке пластинки диаметром 250 мм. Если переключатель формата установлен именно на этот размер пластинки, один из кулачков *38* (настроенный на формат 250 мм) нажмет на рычаг *27* и повернет его на валу *29*. При этом другой конец рычага надавит на планку *19* и связанную с нею планку *13*. Это приведет к тому, что планка *19* отожмет кронштейн вниз и его стыковочный стержень выйдет из зацепления с тонармом. Одновременно с этим сместившаяся планка *13* опускает шток *11* микролифта ЭПУ и звукосниматель опускается на грампластинку. Так как вал тонарма оказывается не связанным с автоматическим блоком, то начинается процесс воспроизведения записи с пластинки, во время которого игла звукоснимателя свободно движется по канавкам пластинки.

Но автоматический блок, расстыковавшись с тонармом формата 250, продолжает работу, так как шкив *7* еще не завершил полного



скими цифрами обозначены узлы и детали промышленной панели

оборота. Как только шкив 7 сделает полный оборот, эксцентрик 39 выставит поводок в такое положение, при котором специальная букса на нем упрется в контакты 26 и разомкнет их. Двигатель 42 автоматического блока выключается.

Новое включение произойдет только при срабатывании автостопа ЭПУ, и тогда весь цикл работы повторится. Для четкого включения и выключения двигателя автоматического блока необхо-

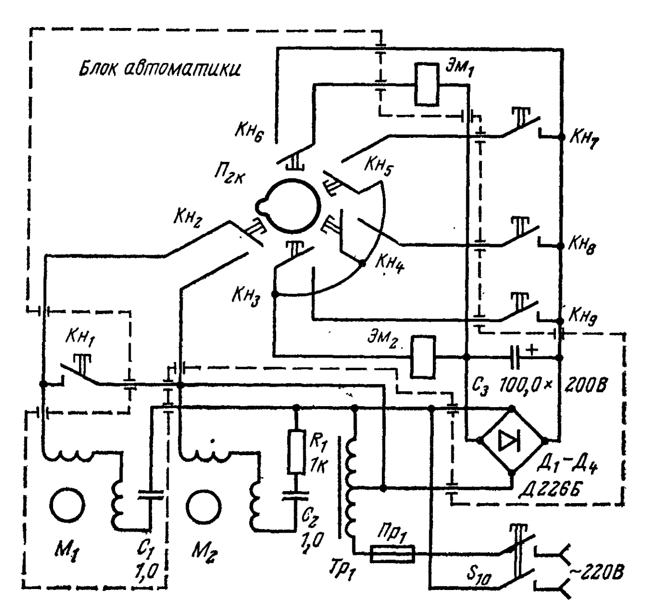


Рис. 66. Принципиальная схема автоматического проигрывателя.

$Эм_1$ — электромагнит сброса; $Эм_2$ — электромагнит системы пуска (микролифт, включение контактов $Кн_1$, включение стыковочного узла); $Кн_1$, $Кн_2$ — $Кн_6$ — микровыключатели МП-5.

дима тщательная регулировка положения контактных групп на планке 13 микролифта и поводке 25 (контактная группа 26).

Другой автоматический проигрыватель на базе панели II-ЭПУ-52 может быть выполнен по конструктивной схеме, показанной на рис. 65. Здесь автоматический блок выполнен в виде отдельного узла, который закрепляется в четырех точках на панели ЭПУ. Все операции по смене пластинки выполняются тяговыми электромагнитами с помощью специальных механизмов. Работой электромагнитов и перемещением тонарма управляет командное устройство, приводимое в движение через редуктор отдельным двигателем, который включается автостопом ЭПУ-52.

При выходе иглы звукоснимателя на выводную канавку конец рычажка X поворачивает планку III в направлении стрелки Б. При этом планка оказывается на пути спускового крючка II, вращающегося вместе с диском. Крючок упирается в планку увлекая ее по хо-

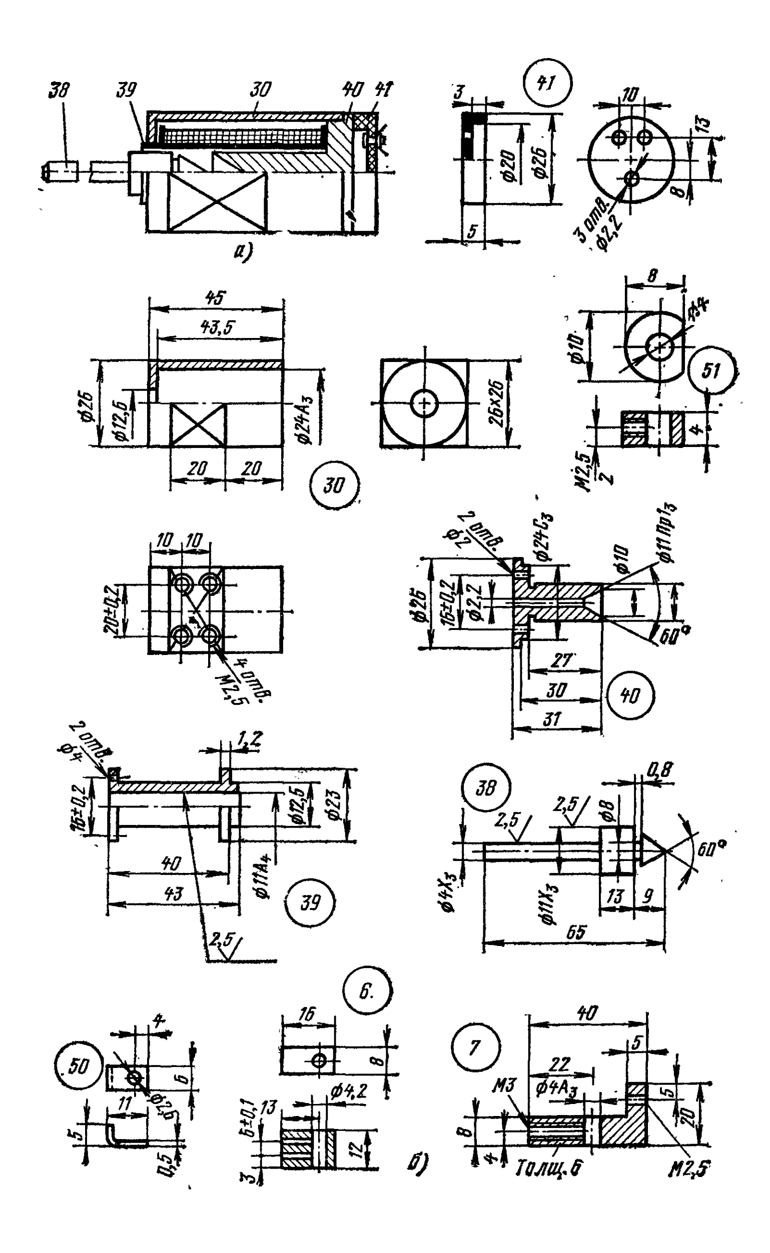
ду своего движения. В результате планка *III* давит на защелку *IV*, которая освобождает планку *VIII*, сдвигающуюся под действием пружины *XII* в направлении стрелки *В*. Эта планка включает микролифт и двигатель автоматического блока. Шток микролифта *VI* выходит из углубления в планке *VIII* и, упираясь в лапку на тонарме, поднимает его над пластинкой. Включение электродвигателя автоматического блока происходит вследствие воздействия на контактную группу *III* (контакт $Кн_1$ на рис. 66) специального уса, отогнутого на планке *VIII*.

Вращение вала электродвигателя через редуктор с большим замедлением ($i=250$) передается на распределительный диск *23*, вращающийся на валу *29* (см. рис. 65). На диске укреплен фигурный эксцентрик *28*, по образующей которого скользит ролик *22*. Ролик насажен на валу *31*, приклепанном к планке *9*. Под воздействием эксцентрика *28* эта планка передвигается в направлении стрелки *Г*. При этом перемещается стыковочный стержень *10*, проходящий через паз в планке *9*. Стыковочный стержень укреплен на рычажке *15*, легко поворачивающемся на штоке *12*. Шток удерживается специальным кронштейном *20*. Ролик *11*, вращающийся на валу в пазу штока *12*, при помощи пружины *16* постоянно прижат к фигурно изогнутому концу планки *8*. Находясь в контакте с выступом этой планки, шток опускается вниз, увлекая за собой стыковочный стержень *10*. В таком положении острый конец стержня выходит из паза поводка *5*, жестко укрепленного на оси *IX* тонарма.

При срабатывании автостопа ЭПУ планка *VIII*, сдвигаясь в направлении стрелки *В*, перемещает в этом же направлении планку *8*. Ролик *11* скатывается во впадину на планке, и шток *12* поднимается. Вместе с ним поднимается и стыковочный стержень *10*, входя в паз поводка *5*. Таким образом, тонарм оказывается связанным с блоком автоматики и под воздействием эксцентрика *28* передвигается над пластинкой. Одновременно с включением стыковочного узла автостоп включает микролифт панели II-ЭПУ-52, который поднимает тонарм над пластинкой.

На распределительном диске *23* находятся вал *24* с роликом *25*. При помощи этого ролика включаются микровыключатели МП-5 ($Кн_2$—$Кн_6$ на рис. 66). Контакты $Кн_3$—$Кн_5$ включают тяговый электромагнит *30* (его детали показаны на рис. 67). Электромагнит втягивает якорь с укрепленным на нем угольником *7*. При этом угольник упирается в ус на планке *VIII*, возвращая ее в исходное положение (в направлении стрелки *Д*). Одновременно в этом же направлении сдвигается планка *8* (угольник *7* увлекает штифт *21*, приклепанный к планке *8*). Это приводит к опусканию микролифта и расстыковке поводка тонарма с автоматическим блоком. Игла звукоснимателя опускается на пластинку и следует по звуковой канавке.

При перемещении планки *VIII* в направлении стрелки *Д* контактная группа *XIII* размыкается, но двигатель автоматического блока продолжает работать, так как замкнуты включенные параллельно этой группе контакты $Кн_2$. Это необходимо для того, чтобы привести автоматический блок в исходное положение, когда острие стыковочного стержня *10* находится в точке, над которой оказывается паз на поводке *5*, при выходе звукоснимателя на выводную канавку. Именно в это время ролик *25* на вращающемся распределительном диске нажимает на микровыключатель $Кн_1$, отключая двигатель автоматического блока.



38
39
30
40
41
а)
41
3
ф20
ф26
5
10
13
8
3 отв.
ф2,2
45
43,5
ф26
ф12,5
ф24А3
20
20
30
26х26
8
ф4
ф10
51
4
М2,5
2
10
10
20±0,2
4 отв.
М2,5
2 отв.
ф2
ф24С3
ф26
16±0,2
ф2,2
ф10
ф11Пр13
60°
27
30
31
40
2 отв.
ф4
1,2
16±0,2
ф12,5
ф23
40
43
ф11А4
39
2,5
38
0,8
2,5
2,5
ф8
60°
ф4Х3
ф11Х3
13
9
65
6.
16
8
ф4,2
6±0,1
13
12
3
б)
50
4
6
11
5
0,5
7
40
5
22
ф4А3
М3
5
20
8
4
Толщ. 6
М2,5

Блок снова включится в работу только после срабатывания автостопа, при котором происходит замыкание контактов $Кн_1$.

Чертежи деталей командного устройства и деталей стыковочного узла автоматического блока приведены на рис. 68.

В качестве шпинделя *4* узла сбрасывания может быть применен один из описанных ранее механизмов (см. рис. 26—28). Шпиндель вставляется по посадке $С_3$ во втулку *4а*, которая служит валом диска *1*. Усилие сдвига F_c развивает якорь электромагнита *32*. Включение электромагнита происходит при замыкании роликом *25* контактов $Кн_6$.

Для изготовления проигрывателя-автомата необходимо прежде всего заменить на панели II-ЭПУ-52 шпиндель диска и его втулку деталями *2—4а*, *33*, *34*. С панели II-ЭПУ-52 удаляют втулку шпинделя и устанавливают втулку *4а*. Из диска ЭПУ выпрессовывают шпиндель, отверстие растачивают до диаметра $9А_3$ и запрессовывают в него втулку *3*. Расточку отверстия необходимо производить относительно внутреннего рабочего диаметра обода диска (эксцентриситет не должен превышать 0,07 мм). Шайбы *2* и *42* составляют опорный подшипник диска ЭПУ. От качества обработки их рабочих поверхностей зависят плавность вращения диска и детонация.

Кожух у вала тонарма необходимо удалить и установить на вал поводок *5*. Окончательную фиксацию поводка производят после сборки всего механизма.

Все детали автоматического блока, за исключением электромагнита *32*, крепят на шасси (рис. 69). Электромагнит сбрасывания *32* устанавливают непосредственно на панели II-ЭПУ-52 при помощи угольника. Его размеры и место установки определяют при сборке.

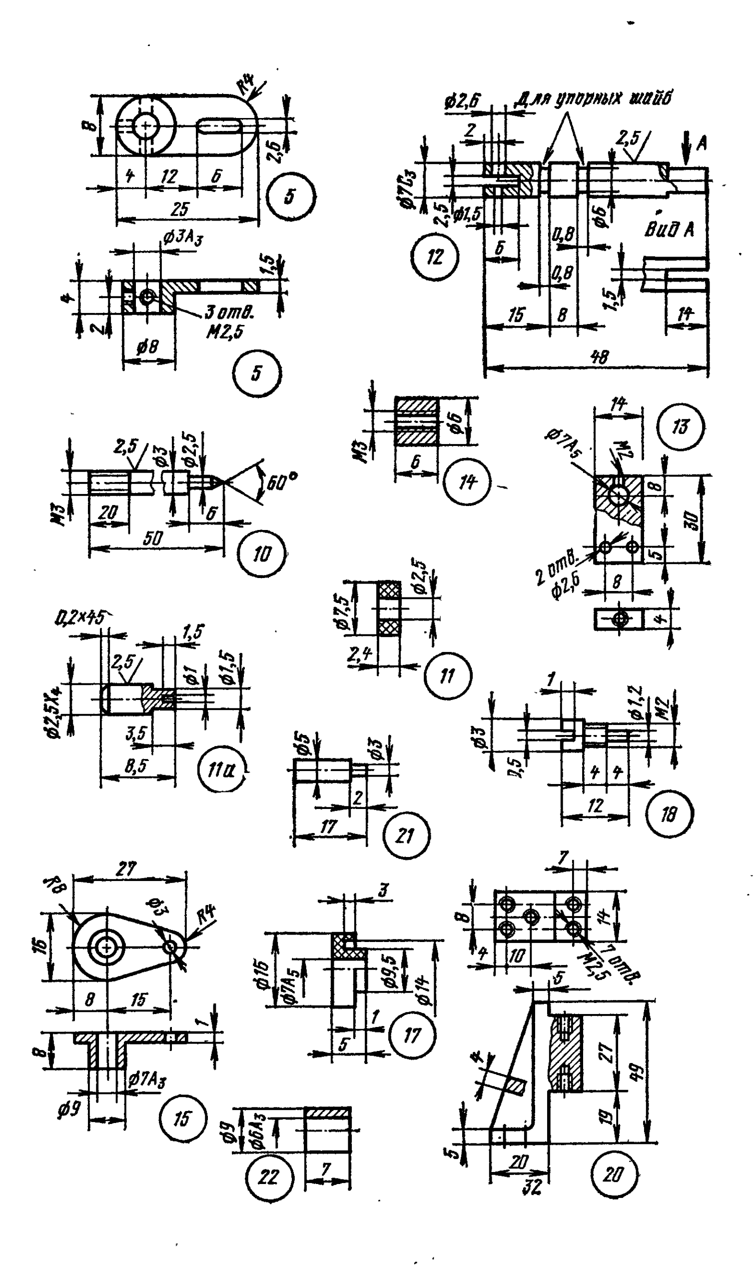
Шасси автоматического блока укрепляют на панели ЭПУ посредством двух стоек. Дополнительной опорой служат лапки, прикреплявшие к панели удаленный с нее кожух.

Все микровыключатели крепят на планках 27 и устанавливают на кольцо *36* (второй выключатель от первого через 75°; третий от второго, четвертый от третьего и пятый от четвертого — через 60°). Пазы на планках позволяют точно отрегулировать момент срабатывания выключателя. Окончательное крепление кольца к планке *37* следует произвести при регулировке автоматического блока. Поворачивая кольцо *36*, добиваются такого положения, чтобы включение тягового электромагнита *30* происходило в момент, когда звукосниматель останавливается над вводной канавкой пластинки одного из форматов $Ф_{30}$, $Ф_{25}$ или $Ф_{17}$.

Положение поводка *5* на оси *IX* регулируют следующим образом. Шестерню *23* устанавливают в такое положение, чтобы эксцентрик *28* касался ролика *22* самым меньшим своим диаметром. При

Рис. 67. Электромагнит (*а*) и его детали (*б*).

а — электромагнит в сборе; *6* — стойка, латунь ЛС-59-1, 1 шт.; *7* — угольник, сплав Д16Т, толщина 6, анодировать, 1 шт.; *30*—корпус, нелегированная сталь, отжечь после полной обработки и цинковать, 1 шт.; *38* — якорь, нелегированная сталь, отжечь после полной обработки и цинковать, 1 шт.; *39* — каркас, латунь ЛС-59-1, покрыть лаком кроме отверстия ⌀ $11А_4$, 1 шт.; *40* — дно корпуса, нелегированная сталь отжечь после полной обработки и цинковать, 1 шт.; *41* — крышка изоляционная, гетинакс, 1 шт.; *50* — угольник, Ст3, толщина 0,5, воронить, 1 шт.; *51* — втулка-ограничитель, латунь ЛС-59-1, 1 шт.



Для упорных шайб
Вид А
3 отв.
М2,5
2 отв.
ф2,6
7 отв.
М2,5
5
12
14
13
10
11
11а
18
21
15
17
22
20

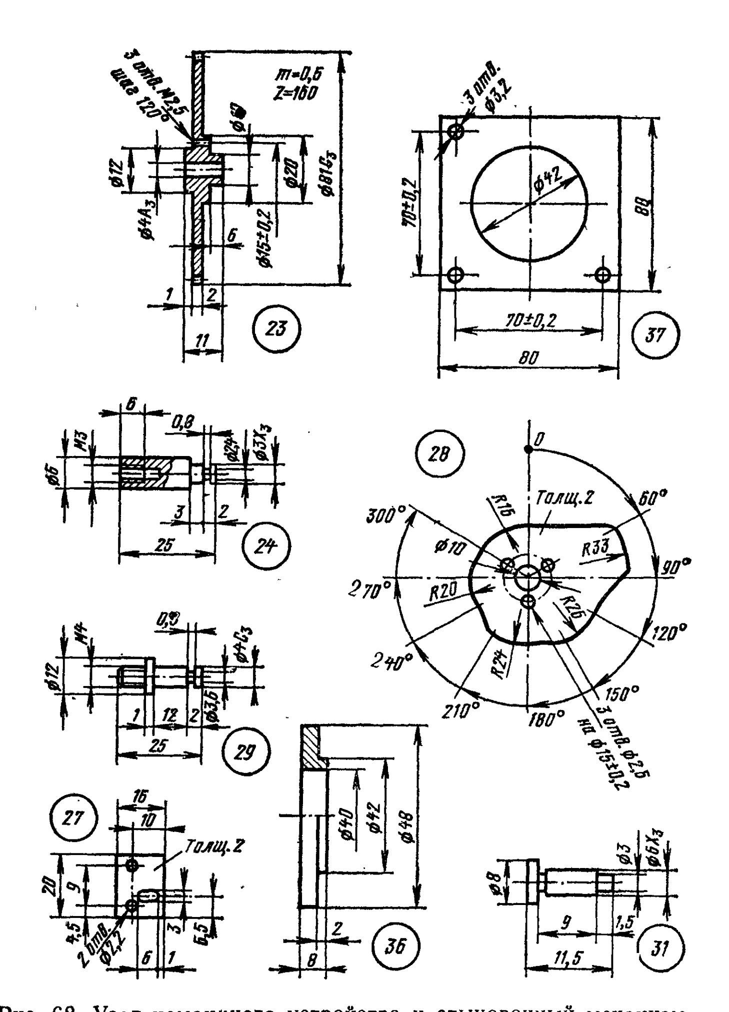


Рис. 68. Узел командного устройства и стыковочный механизм.

5 — поводок, сплав Д16Т, анодировать, 1 шт.; *10* — стержень стыковочный, Ст3, воронить, 1 шт.; *11* — ролик, фторопласт, 1 шт.; *11а* — вал ролика, расклепать в сборе со штоком дет. 12; Ст3, воронить, 1 шт.; *12* — шток, Ст3, воронить — 1 шт.; *13* — планка, сплав Д16АТ, анодировать — 2 шт.; 1 шт., без отв. М2 для детали позиции 19; *14* — втулка, сплав Д16АТ, анодировать, 1 шт.; *15* — рычажок, латунь ЛС-59-1Т, 1 шт.; *17* — шайба, фторопласт, 2 шт.; *18* — штифт специальный, Ст3, воронить, 1 шт.; *20* — кронштейн, сплав Д16АТ, анодировать, 1 шт.; *21* — стойка планки позиции *8*, Ст3, воронить, 1 шт.; *22* — ролик, латунь ЛС-59-1, 1 шт.; *23* — распределительный диск, сплав Д16Т, анодировать, 1 шт.; *24* — вал, Ст3, воронить, 1 шт.; *27* — планка, сплав Д16Т, толщина 2, анодировать, 5 шт.; *28* — эксцентрик, сплав Д16Т, толщина 2, анодировать, 1 шт.; *29* — вал, Ст3, воронить, 1 шт.; *31* — вал, Ст3, воронить, 1 шт.; *36* — кольцо, сплав Д16Т, анодировать, 1 шт.; все отверстия для крепления планок позиции *27* и кольцо к планке позиции *37* сверлить и нарезать по месту; *37* — планка, сплав Д16Т, толщина 2, 1 шт.

этом стержень *10* будет находиться в крайнем левом положении (см. рис. 67). На диск *I*, вращающийся во втулке *1*, укладывают пластинку, иглу звукоснимателя устанавливают на выводную канавку. Не сдвигая иглу с места, поворачивают поводок *5* до тех пор, пока паз на нем не окажется над стержнем *10*. В таком положении поводок фиксируют на валу *IX*. Эту регулировку надо производить, когда ручка *XI* находится в положении *Пуск*. При этом острый конец стержня *10* не должен доходить до поводка *5* на 1,5—2 мм. При срабатывании автостопа стержень должен входить в паз поводка *5* и вести поводок за собою. Высоту стержня *10* устанавливают при помощи втулки *14*. Планки *8* и *9* должны передвигаться легко, без заеданий. Их укрепляют на шасси автоматического блока скобами *52* (по две скобы на каждую планку). Стойка *6* служит для исключения перекоса якоря электромагнита *30*; кольцо *51* является ограничителем хода якоря.

Функции «переключателя формата пластинки» выполняет кнопочный переключатель $П_{2к}$ ($Кн_3^1$, $Кн_4^1$, $Кн_5^1$), установленный на передней панели проигрывателя. Принцип работы «переключателя формата» заключается в следующем. В зависимости от того, какой контакт замкнут ($Кн_3^1$, $Кн_4^1$, $Кн_5^1$), электромагнит *30* сработает при различных положениях тонарма над пластинкой. Форма эксцентрика *28* заставляет тонарм перемещаться скачками, останавливаясь в положениях, соответствующих вводным канавкам пластинок трех форматов.

Тяговые электромагниты питаются от источника постоянного тока напряжением 110 В. Время нахождения электромагнитов под

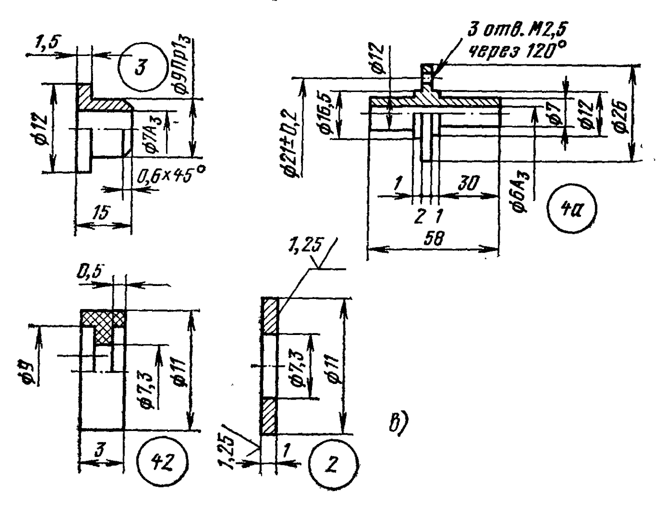
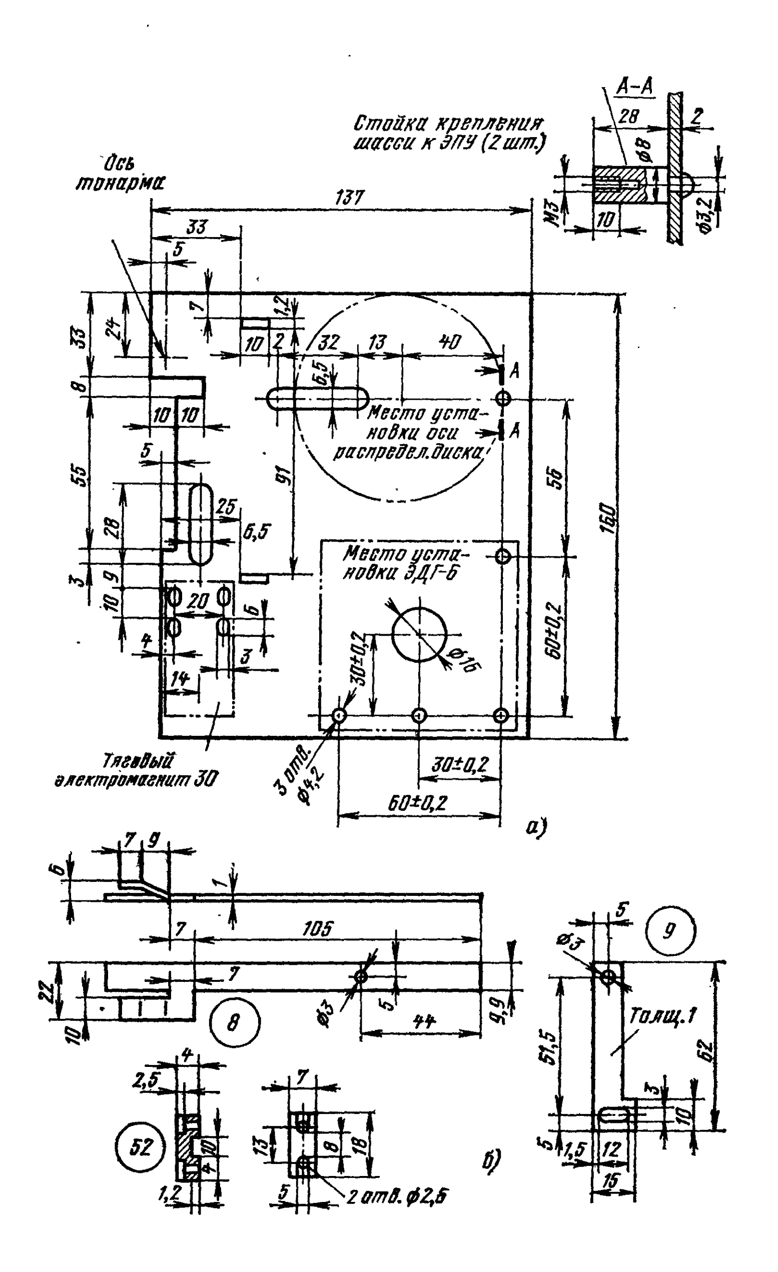


Рис. 69. Шасси блока автоматики.

а — шасси, сплав Д16Т, толщина 2, анодировать, 1 шт.; *б* — узлы электродвигателя, механизма стыковки и электромагнита пуска; *в* — узел крепления диска; *2* — шайба, Ст20, 2 шт.; *3* — втулка, бронза, 1 шт.; *4* — ось, 1 шт.; *4а* — втулка, Ст45, 1 шт.; *8* — плаика, Ст3, толщина 1, воронить, 1 шт.; *9* — планка, Ст3, толщина 1, воронить, 1 шт.; *41* — штифт, 1 шт.; *42* — шайба, фторопласт, 1 шт.; *52* — скоба, сплав Д16Т, анодировать, 4 шт.



Стойка крепления шасси к ЭПУ (2 шт.)
А–А
Ось тонарма
Место установки оси распредел. диска
Место установки ЭДГ-6
Тяговый электромагнит 30
3 отв. ф4,2
а)
Толщ. 1
2 отв. ф2,5
б)

током незначительно (1—2 с), поэтому форсированный режим работы для них не опасен. Катушка электромагнита намотана проводом ПЭВ-2 диаметром 0,2 мм, число витков — 3500.

Функции пружины *V*, планки *13*, кольца *17*, винта *18* и упора *19* видны из рис. 65, а конструкция остальных деталей — из рис. 67—69.

РЕГУЛИРОВКА И ВНЕШНЕЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛЕЙ

СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЭПУ

После изготовления всех деталей для ЭПУ их необходимо тщательно обезжирить, промыв в чистом бензине, и насухо протереть. Трущиеся поверхности механизмов ЭПУ следует смазать специальными смазками. Применение для этих целей жидких масел очень слабой консистенции крайне нежелательно, так как при этом увеличивается опасность попадания смазки на поверхности фрикционов, пассиков и других деталей системы передач. Электродвигатель, ролики передач, имеющие брызгозащитные подшипники, смазывают жидкими маслами (веретенным, машинным). Во всех остальных случаях применяют достаточно густые смазки — ЦИАТИМ-221, солидол. Подшипники поворотного узла тонарма слегка смазывают легкими маслами — часовым, веретенным, машинным. Смазку подшипников производят после их установки в узлы механизма.

Выше уже отмечалось, что из-за неточного выбора элементов фазосдвигающей цепи вспомогательной обмотки конденсаторных асинхронных электродвигателей у них возникает вибрация с частотой 100 Гц. Такие двигатели должны быть хорошо отрегулированы перед их окончательной установкой в ЭПУ. Для этого двигатель укрепляют на амортизаторах в рабочем положении. В качестве резистора в фазосдвигающей цепи ставится реостат с сопротивлением, в 1,5 раза превышающим указанное в паспорте двигателя. К корпусу двигателя прикрепляют индикатор, образованный стальной пружинной проволокой диаметром 0,6—0,8 мм и длиной до 150 мм. Изменяя сопротивление реостата, добиваются минимальной вибрации индикатора.

Регулировку повторяют несколько раз, меняя емкость конденсатора в фазодвигающей цепи и изменяя реостатом сопротивление. Определив оптимальную комбинацию *R* и *C*, заменяют реостат постоянным резистором с соответствующим сопротивлением.

Диск ЭПУ, выполненный из куска прокатанного металла (плита из алюминиевого сплава), не требует особой балансировки. Если диск отлит, то его балансировка обязательна, при этом она может быть весьма трудоемкой. Для балансировки вал с диском горизонтально устанавливают на две параллельно расположенные ножевые опоры. Лишний металл высверливают дрелью по перевешивающему краю обода диска. Методом последовательных проб добиваются полной статической балансировки, когда диск может быть зафиксирован в любом положении при горизонтальной оси на ножах.

Установка прижимной силы звукоснимателя производится на простом приспособлении (рис. 70) безменного типа, обеспечивающем измерение прижимной силы с погрешностью не хуже ±20%. Конструктивно приспособление должно быть выполнено так, чтобы при

измерении игла находилась на высоте 2—5 мм над поверхностью диска ЭПУ (без пластинки). В качестве разновеса при тарировке прижимной силы можно использовать копеечные монетки. Операцию по установке прижимной силы звукоснимателя производят только после статической балансировки тонарма (см. с. 65).

Учитывая важность обеспечения высокой подвижности в горизонтальной оси тонарма высококачественного ЭПУ, имеет смысл проконтролировать силу трения в подшипниках горизонтальной оси. Для этого тонарм статически балансируют и наблюдают за его раз-

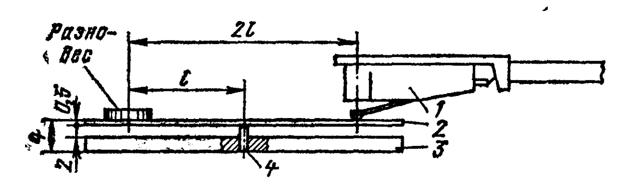


Рис. 70. Приспособление для тарировки прижимной силы звукоснимателя.

1 — головка звукоснимателя; *2* — коромысло; *3* — основание; *4* — иглы опоры.

балансировкой при наложении аптечных разновесов на кассету тонарма. Массу разновесов увеличивают до тех пор, пока после снятия их с кассеты тонарм не возвратится в исходное сбалансированное состояние. Зная массу разновесов и плечо их действия на тонарм, легко определить силу трения в подшипниках. Экспериментально установлено, что у высококачественных тонармов сила трения в подшипниках горизонтальной опоры не должна превышать 1% прижимной силы звукоснимателя.

Регулировку компенсатора скатывающей силы можно осуществить воспользовавшись гладким, хорошо отполированным диском, положенным на ЭПУ вместо грампластинки. Звукосниматель устанавливают на вращающийся гладкий диск на расстоянии 150 мм от центра вращения и, изменяя усилие воздействия компенсатора скатывающей силы на тонарм, добиваются отсутствия отклонения тонарма к центру или краю диска. Тарировку проверяют несколько раз, изменяя при этом прижимную силу и корректируя компенсатор скатывающей силы (см. диаграмму на рис. 37, *д*).

Проверку частоты вращения диска ЭПУ производят стробоскопическим методом, не создающим дополнительной нагрузки на испытываемое устройство. Стробоскопический диск накладывают поверх пластинки (или используют стробоскопические деления на диске ЭПУ). Звукосниматель должен быть опущен на пластинку. Регулятор частоты оборотов диска (юстировочный) устанавливают в среднее положение. Таким образом, проверку производят в реальных условиях работы ЭПУ. Установку номинальной частоты оборотов диска достигают подгонкой диаметра насадки на двигателе ЭПУ, изменением частоты генератора, питающего двигатель, или иным методом, предусмотренным конструкцией ЭПУ.

В ГОСТ 20006-74 приведена таблица с параметрами стробоскопических колец для различных значений частоты оборотов диска ЭПУ. Этими данными можно воспользоваться при регулировке электропроигрывателя.

Коэффициент детонации измеряют при воспроизведении с измерительной пластинки сигнала частотой 3150 Гц. Сигнал подается на измеритель коэффициента детонации 4-И, и измеряемый параметр отсчитывается непосредственно по шкале прибора. Провести такие измерения в любительских условиях не всегда возможно. Поэтому о детонации собранного ЭПУ можно судить на слух, воспроизводя сигнал с частотой 3150 Гц. Этот сигнал можно получить с измерительных пластинок ИЗМ 33Д 0101/102 или ИЗМ 33С 0201/0202, выпускаемых в помощь любителям грамзаписи фирмой «Мелодия». При помощи этих пластинок можно произвести измерение частотных характеристик электропроигрывателя и усилителя[1].

Самый простой метод оценки детонации — воспроизведение записи медленных аккордов рояля с частотой около 3000 Гц. «Плаванье» или «дрожание» звука, ощутимое на слух, указывает на наличие детонации выше нормы. Но такая оценка весьма субъективна и не несет количественной информации.

Относительный уровень рокота со взвешивающим фильтром определяют при помощи измерительной пластинки ИЗМ 0311. Однако в любительских условиях все измерения вибраций проводят редко ввиду сложности этой работы и наличия различных методик расчета. Обычно довольствуются субъективной оценкой параметра. Методы измерения вибрационных помех описаны в [10, 18].

ОФОРМЛЕНИЕ ВНЕШНЕГО ВИДА ЭПУ

В современную квартиру, как правило, малогабаритную, очень плохо вписываются большие объемы. Простота формы, четкость линии, небольшой объем — вот что следует признать характерной чертой современного прибора. Назначение, функции устройства должны быть совершенно ясны с первого взгляда на него, поэтому не следует максировать телевизор под комод, а приемник — под ящик на книжной полке.

Современная бытовая радиоаппаратура должна быть компактной, транспортабельной, удобной в эксплуатации, а внешний вид устройства — отвечать своему функциональному назначению.

Насыщенность квартиры бытовыми радиоустройствами привело к стремлению представить эти устройства в виде радиокомплекса [6]. Это решение избавляет от дублирования таких узлов, как усилитель низкой частоты, акустические агрегаты, блоки питания и т. д. Все компоненты радиокомплекса работают на один УНЧ, снабженный акустической системой.

Художественно-конструкторские идеи, заложенные в бытовой радиокомплекс, в настоящее время существенным образом влияют на тенденции развития всей бытовой радиоаппаратуры.

До недавнего времени ЭПУ встраивали в радиоприемник. Они упрятывались в ниши, в глубокие полости корпуса, вследствие чего доступ к ЭПУ затруднялся. Сейчас в радиолах панель проигрывателя устанавливают открыто, что упрощает его эксплуатацию. В радиоле неразрывно объединены три радиоприбора: приемник, усилитель низкой частоты и проигрывающее устройство. Если со временем вы решите в корне усовершенствовать одно из них, то это затронет и остальные компоненты устройства.

---

[1] Подробная инструкция о пользовании измерительными пластинками приведена на упаковочном конверте.

Во всей системе бытового радиокомплекса ЭПУ и телевизионный приемник имеют наибольший объем. Габариты телевизора тесно связаны с размером экрана, а объем ЭПУ диктуется форматом пластинки с наибольшим диаметром 300 мм. Имеется несколько способов зрительного уменьшения большого объема. При разработке корпуса ЭПУ можно воспользоваться методом членения цветом, формой и комбинацией этих двух приемов.

Пример членения формы показан на рис. 71. За исходную форму взят объем (рис. 71, а). Он статичен и в таком виде не украсит квар-

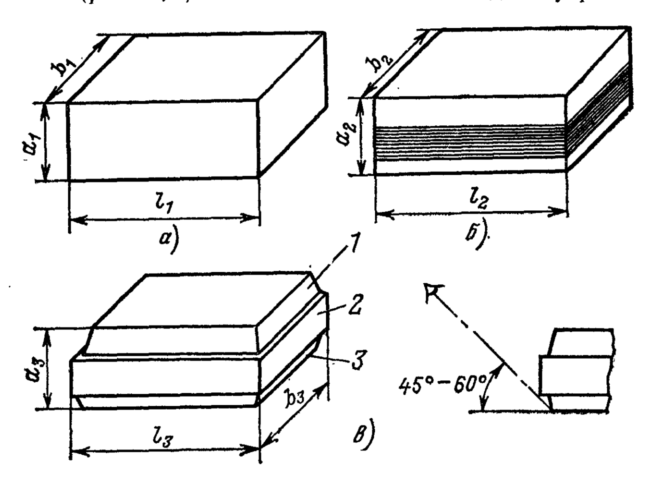
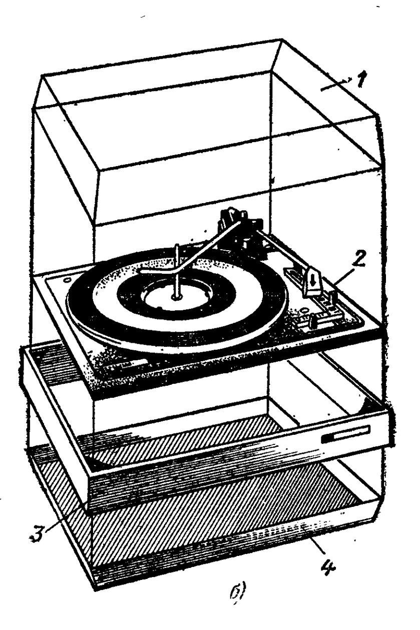


Рис. 71. Формообразование корпуса электрофона.

тиру. На рис. 71, *в* этот же объем составлен из трех частей (членения объема формой). Верхняя часть *1* (крышка), средняя часть *2* больше верхней и нижней по объему — это центр композиции. Высота поддона *3* взята небольшой. Его периметр несколько меньше средней части корпуса. Поэтому поддон оказывается скрытым от глаз, если корпус находится на уровне пояса наблюдателя. Создается впечатление, что весь объем уменьшился по высоте, а корпус стоит на ножках. Членение цветом иллюстрировано на рис. 71, *б*. Цветная полоса вокруг корпуса зрительно дробит его объем, который уже воспринимается не так монотонно, как корпус на рис. 71, *а*.

На рис. 72 показан другой пример формы корпуса ЭПУ. Прозрачная крышка *1* не скрывает изделие, она только защищает панель *2*, укрепленную на несущей раме *3* от пыли. Кстати, не стремитесь обращать наружу рифленые поверхности. В них накапливается пыль, грязь, и внешний вид такой фактуры требует тщательного ухода. Стенки корпуса могут быть фанерованы ценными породами дерева, оклеены кожзаменителем, пленкой ПДСО-0,12 (иммитирующей цветные породы дерева). Невысокий поддон 4 обычно выполняют металлическим и окрашивают нитроэмалью. Форма очень строгая, лаконичная. Она хорошо смотрится, если стенки имеют матовую фактуру темного (коричневого, цвета красного дерева) тона.

Пульт управления механизмом ЭПУ желательно размещать не на панели ЭПУ, где крепится тонарм, а отдельно, на корпусе электропроигрывателя. От толчков при переключениях и других манипуляциях с органами управления при малой прижимной силе высококачественного звукоснимателя его игла может выскакивать из канавки пластинки, царапать ее. Зону пульта можно выделить декоративными элементами, различными накладками (пластмассовыми или металлическими), цветом.



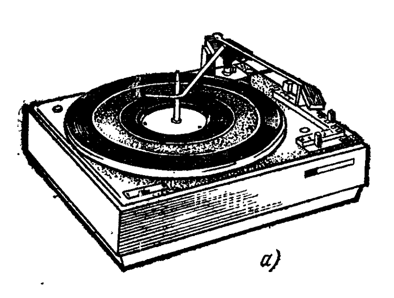


Рис. 72. Конструктивная схема корпуса электрофона.

а — общий вид электрофона; б — конструктивная схема корпуса.

Органы управления должны быть удобными в обращении, их размеры и форма — пропорциональны объему панели и выполнены в едином с ним стиле. Так, например, если тонарм составлен из прямоугольных элементов, органы управления (ручка микролифта, система пуска и т. д.), расположенные рядом, должны отражать характерные элементы формообразования звукоснимателя; их форма тоже должна быть прямоугольной, с мягкими скруглениями.

Не следует разбрасывать органы управления по всей панели управления или панели ЭПУ. Расположение их должно быть оправдано с точки зрения функционального назначения и сосредоточено определенными группами, причем и при расстановке ручек управления на пульте принцип функциональных связей должен быть сохранен. Функциональный акцент может быть сделан цветом, компоновкой, формой ручек и т. д.

Нередко для сохранения единства стиля и композиционного решения необходимо самостоятельно изготовить ручки и другие органы управления. Имеющиеся ручки промышленного производства не

всегда отвечают общему художественному решению прибора. При изготовлении органов управления не следует стремиться к сложной форме. Предпочтительны прямые цилиндрические тела вращения с блестящими фасками. Торцы могут быть располированы. Особенно хорошо смотрятся ручки, у которых на полированных торцах виден рисунок концентрического хода резца.

Основной зрительный элемент проигрывателя — диск ЭПУ. Плоскость диска рекомендуется выполнять выступающей над панелью на 10—12 мм. Цвет диска должен контрастировать с цветом панели. Рифление на резиновой накладке желательно делать концентрическим.

В тонарме следует выделять блок крепления головки как основной узел устройства. Имеет смысл откровенный показ механизма прецизионного поворотного узла тонарма. Этим можно подчеркнуть сложность тонарма и высокий класс механизма. Этим зрительно утверждается необходимость бережного обращения с точным устройством, каким является тонарм. Выделение можно сделать цветом, формой. Не следует применять многоцветие в оформлении панели. Достаточно двух-трех цветов: темный (черный) для диска и головки звукоснимателя, светлый — для панели.

Не рекомендуется применять обилие надписей на панели. Процесс эксплуатации ЭПУ предельно прост и не требует долгих пояснений. Поэтому лучше вообще избегать надписей, пользуясь для индикации положений соответствующих органов управления общепринятыми символами [6]. Шрифт должен быть легкочитаемый. Хорошо смотрится четкий прямой шрифт. Вообще говоря, вопрос выполнения надписей на панелях и шильдах играет важную роль в оформлении радиоприбора. Надпись лучше наносить или прямо на панель, или на общий шильд пульта управления. Очень плохо, когда каждая надпись выполнена на отдельном шильде, который в виде заплатки прикреплен на панель.

Говоря о цветовой гамме и фактуре поверхности корпуса и панели ЭПУ, следует предостеречь от чрезмерной пестроты и дробности конструкции. Всевозможные полированные детали, накладки и пр. должны быть использованы в меру. Никогда не выходящее из моды дерево очень современно смотрится в сочетании с хромированными накладками, полированной латунью, пластмассой. При этом фактура деревянной поверхности должна быть матовой, спокойной.

Для портативных ЭПУ, предназначенных для использования в дороге, очень практична отделка корпуса под кожу. Можно создать эффект объемности, подложив под обшивку тонкий слой поролона [7].

Внешняя отделка изготовленного ЭПУ — завершающий этап всей работы. И как бы велико ни было ваше нетерпение скорее пустить устройство в работу, отнеситесь со всем вниманием к финишной операции. Она завершает дело. А в творчестве радиолюбителя важно не только хорошо начать, но и красиво завершить работу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лебедев Н., Овчинников Н., Стыцына А.** Бесконтактный электродвигатель БДС-0,2. — Радио, 1974, № 10, с. 56, 57.

2. **Пыжиков М.** Генератор для питания электродвигателя ЭПУ. — Радио, 1975, № 2, с. 37, 38.

3. **Щербак Ю.** Стереофонический емкостный звукосниматель. — Радио, 1976, № 1, с. 34, 35, 42.

4. **Фролов В.** Микролифт — автостоп. — Радио, 1975, № 7, с. 35, 36.

5. **Бродкин В. М.** Электропроигрывающие устройства. — М.: Энергия, 1972.

6. **Бродкин В. М.** Конструирование бытового радиокомплекса. — М.: Энергия, 1975.

7. **Бродкин В. М.** Детали корпусов радиоприборов. — Радио, 1970, № 11, с. 49—51.

8. **Аполлонова Л. П., Шумова Н. Д.** Механическая звукозапись. — М.: Энергия, 1964.

9. **Аполлонова Л. П., Шумова Н. Д.** Грамзапись и ее воспроизведение. — М.: Энергия, 1978.

10. **Хаазе Г. И.** Современные электропроигрыватели. — М.: Энергия, 1975.

11. **Черкунов В. К.** Любительский высококачественный проигрыватель. — М.: Энергия, 1974.

12. **Щербак Ю.** Стабилизация частоты вращения диска ЭПУ. — Радио, 1976, № 2, с. 40, 41.

13. **Полозов Ю. С.** Механизмы электропроигрывающих устройств. — Л.: Энергия, 1974.

14. **Виноградов Н. В., Виноградов Ю. Н.** Как самому рассчитать и сделать электродвигатель. — М.—Л.: Энергия, 1966.

15. **ГОСТ 5289-73** Грампластинки. Общие технические условия.

16. **ГОСТ 7893-79.** Звукозапись механическая на диск.

17. **ГОСТ 18631-73** Устройства электропроигрывающие. Основные параметры. Технические требования. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

18. **ГОСТ 20006-74** Устройства электропроигрывающие. Методы испытаний.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЛАДИМИР МЕЕРОВИЧ БРОДКИН

Электропроигрывающие устройства

Редактор Ю. А. Вознесенский
Редактор издательства Н. В. Ефимова
Обложка художника В. Н. Хомякова.
Технический редактор Н. Н. Хотулева
Корректор М. Г. Гулина

ИБ № 951

Сдано в набор 28.11.79 Подписано в печать 12.05.80 Т-09555 Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 3 Гарн. шрифта литературная Печать высокая Усл. печ. л. 6,72 Уч.-изд. л. 8,36 Тираж 60 000 экз. Заказ № 201 Цеиа 60 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7